



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Class

Philosophische Voraussetzungen der exakten Naturwissenschaften

Von

Dr. ERICH BECHER

Privatdozent der Philosophie an der
Universität Bonn.



Leipzig

Verlag von Johann Ambrosius Barth

1907.

Q175
B 4

GENERAL

Vorwort.

Den Inhalt der folgenden Darstellung bilden eine philosophische Rechtfertigung und Deutung der Grundannahmen von Physik und Chemie. Diese Wissenschaften stehen auf dem Standpunkte einer realistischen Auffassung der Außenwelt. Das gilt auch heute noch im großen und ganzen, trotz der unleugbaren Fortschritte eines subjektivistischen Positivismus auf naturwissenschaftlichem Boden. Physik und Chemie fassen die Außenwelt als körperlich auf, als zusammengesetzt aus elementaren Körperteilchen, aus Molekeln, Atomen, vielleicht zuletzt aus Elektronen. Die exakten Naturwissenschaften betrachten endlich alle körperlichen Vorgänge als Bewegungsvorgänge, die sich an jenen elementaren Körperteilchen oder an ihren Komplexen abspielen. Die Annahme einer körperlichen Außenwelt, die aus Molekeln, Atomen und Elektronen aufgebaut ist, und die damit auf das engste zusammenhängende kinetische Naturauffassung sollen im folgenden erkenntnistheoretischen Angriffen gegenüber verteidigt werden.

Eine solche Verteidigung scheint mir sehr zeitgemäß. Denn die Angriffe auf die Grundanschauungen von Physik und Chemie sind weit vorgedrungen. Heißsporne sprechen schon von Molekular- und Atomtheorie oder von den großen kinetischen Hypothesen wie von einer abgetanen Sache. Aber wenn auch die große Mehrzahl der Physiker und Chemiker diese Theorien zu sehr zu würdigen gelernt hat, um sie ohne weiteres beiseite zu schieben, so ist doch die Zahl der Forscher gewachsen, die alle Hypothesen zu Fiktionen degradieren möchten. Diese Richtung ist vorsichtiger; aber damit scheint sie mir zugleich gefährlicher zu sein. Ihr gegenüber suche ich durch eine logisch-methodologische Untersuchung über das Wesen der Hypothesen darzutun, daß sie das Ziel des wissenschaftlichen Denkens zu eng faßt.

Vielleicht hat die hypothesenfeindliche Stimmung auf naturwissenschaftlichem Boden den Kulminationspunkt bereits überschritten. Die Stimmen mehren sich, die dem extremen Positivismus auf physikalisch-chemischen Gebieten entgegentreten. Es müßte auch seltsam zugehen, wenn es nicht der Fall wäre in einer Zeit, die so überreich ist an neuen Erfahrungen, welche die verlockendsten Hypothesen geradezu aufdrängen; in einer Zeit, die nicht minder fruchtbar ist an überzeugenden Bestätigungen früherer kühner Hypothesenbildungen.

Indessen durch die Triumphe der physikalisch-chemischen Hypothesen wird der positivistische Gegner nur zurückgedrängt, nicht entwaffnet. Sein Rüstzeug ist eben in der Hauptsache der Philosophie entlehnt, vor allem der Erkenntnistheorie. Auf diesem Gebiete muß der Kampf ausgefochten werden. Auch die Argumente der hypothesenfeindlichen Physiker sind fast durchweg philosophisch. Es handelt sich ja nicht um diese oder jene Hypothese; über diese hat die Einzelwissenschaft zu richten. Das Prinzip der Hypothesenbildung und die letzten Grundauffassungen stehen in Frage. Daher ist eine erkenntnistheoretisch-methodologische Rechtfertigung der großen Hypothesenbildungen vonnöten.

Eine solche kann aber nur gelingen, wenn jene Hypothesenbildungen von jedem unnützen Beiwerk befreit werden. Gerade dieses bietet dem Gegner die Angriffspunkte und verschafft ihm zugleich die Treffer. Ich habe mich daher bemüht, den echten Kern aus der überflüssigen Schale herauszuholen. So ergibt sich eine besondere Auffassung vom Wesen der großen physikalisch-chemischen Hypothesen, eine Deutung der Grundannahmen der exakten Naturwissenschaften. Ich hoffe, daß die Deutung kein Hinzudichten, sondern nur eine Abwehr unnötig enger Auffassungen ist.

Dem Zweck der Schrift gemäß habe ich mich bemüht, für Naturwissenschaftler und für Philosophen verständlich zu schreiben. So wird dem einen dieser, dem andern jener Teil unnötig breit erscheinen. Daran konnte ich nichts ändern. Auch in Bezug auf Literaturangaben wird der eine hier, der andere dort mehr oder weniger erwarten. Ein großer Teil der Arbeit wurde fern von der Universität geschrieben, wo mir Literatur nur schwer

zugänglich war. So war ich auf Notizen und Gedächtnis angewiesen; besonders in Bezug auf physikalische Zitate. Später habe ich die meisten Angaben an der Originalliteratur kontrollieren können, da mir Professor Kayser die Benutzung der Bibliothek des Bonner physikalischen Institutes in dankenswerter Weise gestattete. Doch blieben mir einzelne wenige Stellen unzugänglich. Sie wurden mit Angaben bei anderen Autoren verglichen, so daß auch sie zuverlässig sein dürften. Viel verdanke ich dem unten oft zitierten Buche Stallos trotz dem entgegengesetzten Standpunkte. Wenn die physikalischen Darlegungen zuweilen einen individuellen Ton haben, der an meine Lehrer Kayser und Kaufmann erinnert, wird das kein Nachteil sein. Der erkenntnistheoretische Standpunkt dieser Schrift berührt sich oft mit dem von Helmholtz trotz zahlreicher Abweichungen. Vielleicht ist die Einwirkung von Helmholtz auch teilweise eine indirekte, durch B. Erdmann vermittelte. Wie weit der Einfluß dieses meines verehrten Lehrers geht, kann ich unmöglich feststellen oder gar durch Zitate dartun. W. Freytag, mein Lehrer und Kollege, wird vielleicht in den Erörterungen über die Außenweltsfrage hier und da Gedanken und Formulierungen wiedererkennen, die in früheren gemeinsamen Besprechungen erwogen wurden.

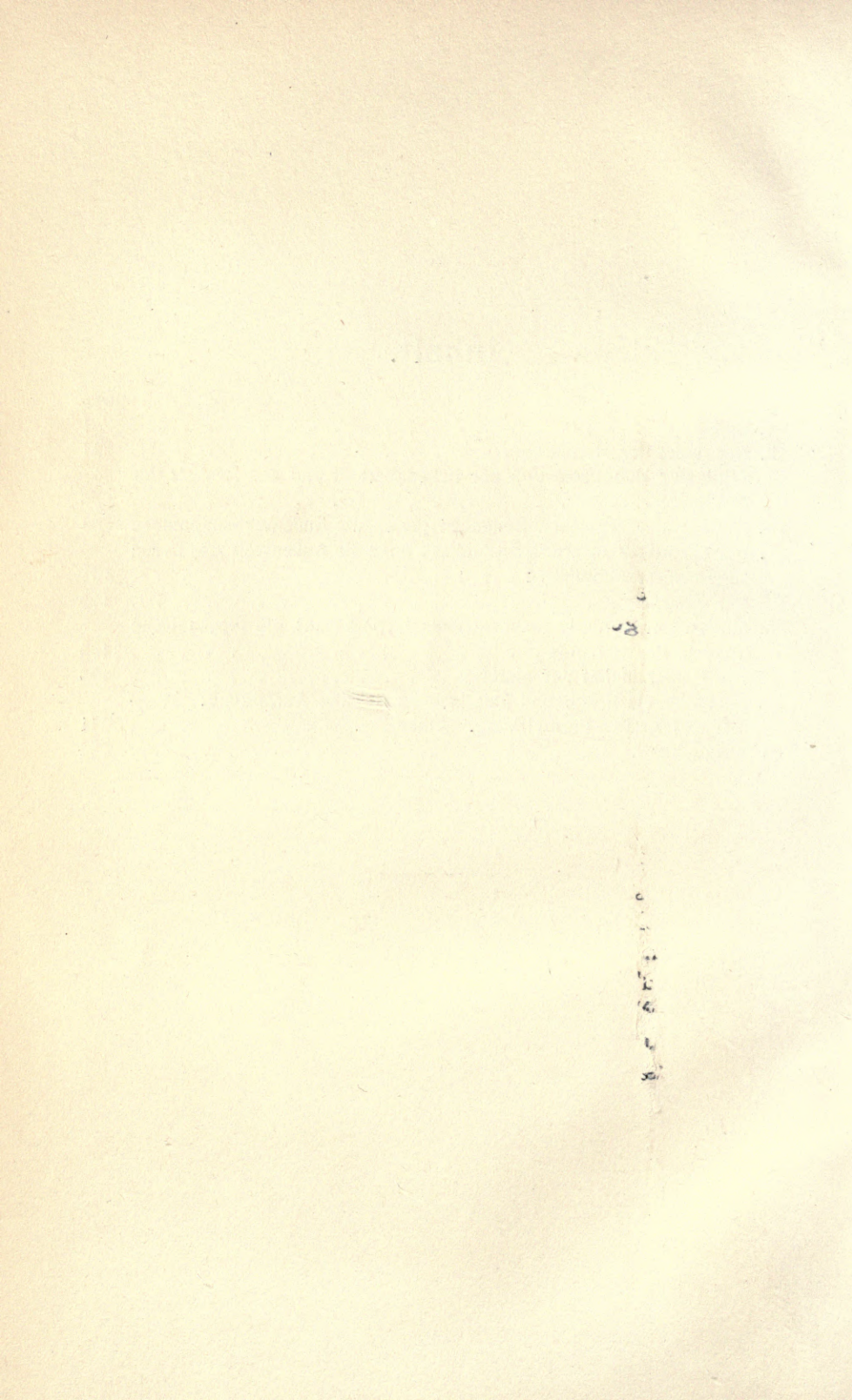
Mit Absicht habe ich manche bekannte Arbeiten in der Darstellung wenig berücksichtigt, die den meinigen ähnliche Ziele verfolgen. So wird man sich vielleicht wundern, daß ich auf L. Boltzmanns Verteidigung der Atomistik so wenig Bezug nehme. Die Verschiedenheit der Gesichtspunkte und die Furcht vor unnötiger Breite waren hier wie in anderen Fällen für mich entscheidend. Mir scheint, der Leser hätte wenig Nutzen von den sich sonst notwendig ergebenden Diskussionen. Den von Boltzmann konstruierten Zusammenhang zwischen Atomistik und Infinitesimalrechnung z. B. kann ich aber auf keinen Fall ohne weiteres anerkennen.

Bonn, im Februar 1907.

Erich Becher.

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Der Wert der Hypothesen	11
III. Kritik der Hypothese von der Erkennbarkeit und der Realität der Außenwelt	36
IV. Prüfung der kritischen Bedenken gegen die Außenweltshypothese	58
V. Der Charakter unserer Erkenntnisse über die Außenwelt und deren allgemeinste Grundzüge	101
VI. Der Körper	115
VII. Motive zur Bildung mechanischer Hypothesen: die mechanische Theorie des Schalles	135
VIII. Die Diskontinuität der Materie	150
IX. Kinetisch-elastische und kinetisch-elektrische Auffassung. Trägheit und Kraft. Fernwirkung. Äther	211
Namen-Register	244





I. Einleitung.

Seit den Tagen Stevins, Fermats, Galileis und Descartes' befinden sich die sogenannten exakten Naturwissenschaften in stetig und schnell fortschreitender Entwicklung. Das von den genialen Naturforschern der Renaissance geschaffene Fundament dieser Disziplinen ist fest genug gewesen, das Gebäude zu tragen, welches die Jahrhunderte über ihm errichtet haben.

Die starke Grundlage der neueren Physik besteht in der Mechanik. Die Schöpfer der neueren Physik haben in der Mechanik mehr gesehen, als eine physikalische Teildisziplin. Sie betrachteten sie als den Schlüssel zur Lösung aller physikalischen Fragen. Die neuere Physik wurde als mechanische Physik geschaffen.

Die Mechanik ist die Wissenschaft von der Bewegung (und der Ruhe, einem Spezialfall derselben). Als mechanische oder kinetische Naturauffassung haben wir die Ansicht zu bezeichnen, die in allen Naturvorgängen Bewegungsvorgänge sieht. Die mechanische Physik betrachtet zunächst nur die im engeren Sinne physikalischen und physikalisch-chemischen Prozesse als wesentlich mechanisch. Die Frage, ob auch die Erscheinungen des Lebens auf Bewegungsvorgänge höchst zusammengesetzter Natur zurückzuführen seien, ist demnach vom Standpunkte der mechanischen Naturauffassung aus in bejahendem Sinne zu beantworten. Die mechanistische Physik kann die Frage unentschieden lassen. Das biologische Problem fällt nicht in ihr Gebiet.

Von den oben genannten Forschern hat Descartes die Grundanschauung der mechanischen Physik mit dem größten Nachdruck ausgesprochen. Als Maxime lag sie jedoch dem Forschen seiner unmittelbaren Vorgänger und Zeitgenossen auch da zugrunde, wo sie nicht ausdrücklich formuliert wurde.

Alle materiellen Veränderungen sind nach Descartes von der Bewegung abhängig¹⁾).

Mit dem Gedanken wird von Cartesius und den Cartesianern sofort voller Ernst gemacht. Spinoza bemüht sich in seinem Gedankenaustausch mit Boyle²⁾ in naiver Weise um eine mechanische Erklärung chemischer Vorgänge.

Daß Hobbes, der Materialist, die mechanische Naturauffassung vertritt, braucht kaum erwähnt zu werden. Huygens sieht in den optischen Erscheinungen periodische Bewegungsvorgänge, mechanische Schwingungen. In seinem Traktat über das Licht meint er, daß alle Ursachen „durch mechanische Gründe“ begriffen werden müssen, wenn überhaupt ein physikalisches Verständnis möglich sein soll³⁾.

Sein großer Gegner Newton vervollkommnet eine andere mechanische Auffassung des Lichtes, die alte Emissionstheorie, so daß Huygens' Vorstellung in den Hintergrund gedrängt wird, bis das Sinken von Newtons Einfluß und neue Erfahrungen ihr zum Siege verhelfen. Newton und Leibniz schaffen in der Infinitesimalrechnung der Wissenschaft ein Werkzeug, dessen gewaltige Leistungsfähigkeit auf physikalischem Gebiete sofort sich an mechanischen Problemen offenbart. Leibniz, der spiritualistische Metaphysiker, ist begeisterter Anhänger der mechanischen Naturauffassung. Sie erscheint ihm durch die Vernunft allein, nicht durch die Erfahrung geboten. Unter Anwendung der von ihm und Newton erfundenen neuen Rechnung gelangen französische Mathematiker und Physiker zu einer fortschreitenden Ausbildung der mechanistischen Physik, die glänzende Resultate aufweist. Die Einführung mechanischer Vorstellungen in der Chemie beginnt mit der Erneuerung der Atomistik. Diese wirkt wiederum auf physikalische Disziplinen fördernd ein. An Gay-Lussacs Namen knüpft sich die Auffindung der Gasgesetze, die die Umbildung der Atomtheorie zur Molekulartheorie fordern. So

¹⁾ „sed omnis materiae variatio, sive omnium eius formarum diversitas, pendet a motu.“ Descartes, Princ. Phil. II, 23. Oeuvres, publ. par Adam et Tannery, VIII, S. 52—53. 1905.

²⁾ Im Briefwechsel mit Oldenburg. Brief IV u. folg. Ed. Vloten et Land, Opera II, S. 201 f. 2. Aufl. 1895.

³⁾ Hygenii Op. reliqua, Amst. 1728, vol. I. (Tract. de lumine), S. 2.

entsteht die physikalische Chemie auf mechanistisch-atomistischer Basis. Im weiteren Verlaufe des 19. Jahrhunderts feiert die molekulartheoretische Behandlung besonders auch der organischen Chemie ebenso schnelle wie glänzende Siege. Gleichzeitig erstarkt auf physikalischem Gebiete die mechanische Theorie der Wärme der alten Blackschen Substanztheorie gegenüber. Das Energieerhaltungsgesetz erscheint bei Helmholtz als Konsequenz der mechanischen Naturauffassung¹⁾. Auf das Erhaltungsprinzip als ersten ihrer Hauptsätze baut sich die Thermodynamik auf. Die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie und der Molekulartheorie auf Gase ergibt die kinetische Theorie derselben. — Schon lange hatte man die magnetischen und elektrischen Phänomene durch Bewegungen von Flüssigkeiten erklärt. Faradays Vorstellungen schienen den Mechanismus elektrischer Vorgänge besser anzudeuten. Helmholtz²⁾ nahm

¹⁾ Helmholtz kommt eigentlich auf zwei getrennten Wegen zum Satz von der Erhaltung der Energie. „Die Herleitung der aufgestellten Sätze kann von zwei Ausgangspunkten angegriffen werden, entweder von dem Satze, daß es nicht möglich sein könne, durch die Wirkungen irgendeiner Kombination von Naturkörpern aufeinander in das Unbegrenzte Arbeitskraft zu gewinnen, oder von der Annahme, daß alle Wirkungen in der Natur zurückzuführen seien auf anziehende und abstoßende Kräfte, deren Intensität nur von der Entfernung der aufeinander wirkenden Punkte abhängt. Daß beide Sätze identisch sind, ist im Anfang der Abhandlung selbst gezeigt worden.“ (Über die Erhaltung der Kraft. Berlin 1847, S. 1.) Die beiden Ausgangspunkte werden aber so in Beziehung gesetzt, daß der Satz von der Unmöglichkeit der Gewinnung unbegrenzter Arbeitskraft als Konsequenz der zweiten Annahme erscheinen muß, welche die eigentliche Grundlage jeder physikalischen Deduktion bildet. „Es bestimmt sich also endlich die Aufgabe der physikalischen Naturwissenschaften dahin, die Naturerscheinungen zurückzuführen auf unveränderliche, anziehende und abstoßende Kräfte, deren Intensität von der Entfernung abhängt. Die Lösung dieser Aufgabe ist zugleich die Bedingung der vollständigen Begreiflichkeit der Natur.“ (S. 6.)

²⁾ On the modern development of Faraday's conception of electricity. The Faraday Lecture etc. Journal of the Chemical Society. Vol. XXXIX. Für Helmholtz sind dabei die Vorgänge bei der Elektrolyse maßgebend. Die durch die Zersetzung entstehenden Ionen tragen bestimmte elektrische Quanta. Die Quanta werden an den Elektroden von den Ionen, den chemischen Atomen oder Atomkomplexen, abgegeben und müssen dabei kurze Zeit selbständig bestehen können. Die Valenzladungen sind demnach als elektrische Atome zu betrachten. Siehe hierzu die Ausführung im vorletzten Kapitel.

den Weberschen¹⁾ Gedanken einer atomistischen Konstitution der Elektrizität auf, der in der sich entwickelnden Elektronentheorie²⁾ stetig an Bedeutung gewonnen hat.

So stellt sich die gewaltige Ausbildung der exakten Naturwissenschaft seit der Renaissance dar als eine fortschreitende Anwendung der kinetischen Auffassung auf alle Gebiete der Physik und Chemie.

Daß diese Auffassung heute die physikalischen Wissenschaften beherrscht, beweist der Einblick in ein beliebiges Lehrbuch dieser Disziplinen. Eine Sammlung von Aussprüchen hervorragender Forscher der Gegenwart und jüngsten Vergangenheit, in denen die mechanische Auffassung vertreten wird, findet der Leser z. B. bei J. B. Stallo: „Die Begriffe und Theorien der modernen Physik“³⁾. Auf Stallos Ausführungen in der Einleitung stützt sich das Vorhergehende an einigen Stellen.

Als Ideal, als Ziel jeder physikalischen Forschung erscheint überall die Zurückführung aller physikalischen und chemischen Vorgänge auf Bewegungsvorgänge, eventuell auf Bewegungen von Molekeln und Atomen. Ist diese Zurückführung geleistet, so hat die Physik alles getan, was von ihr gefordert werden kann. Ein physikalischer Vorgang ist erklärt, wenn sein Mechanismus, die zugrunde liegenden Bewegungen, erkannt sind.

Natürlich hat die mechanische Auffassung der Physik von vielen Seiten Widerspruch hervorgerufen. Sehen wir davon ab, daß theologischer und metaphysischer Übereifer die mechanische Physik mit dem Materialismus zusammenwarf! Lassen wir ferner solche Motive beiseite, wie sie Newtons mechanische Theorie des Lichtes für Goethe unannehmbar machten! Von selbst versteht es sich auch, daß die großen deutschen idealistischen Systeme des beginnenden 19. Jahrhunderts mit Verachtung auf die mechanischen Theorien herabblicken mußten. Die Natur-

¹⁾ Werke IV. Webers Anschauungen fanden nur wenig Zustimmung, weil sich die Elektrodynamik ohne hypothetische Vorstellungen durch Differentialgleichungen erledigen ließ. Helmholtz wies überdies die Schwächen der Weberschen Elektrodynamik nach.

²⁾ Die Bezeichnung Elektron für das elektrische Elementarquantum oder Atom rührt von G. J. Stoney her.

³⁾ Übersetzt von H. Kleinpeter. Leipzig, 1901.

philosophen Schellingscher Richtung, d. h. die tonangebenden Naturforscher einer gewissen Zeit, konnten kein Verständnis für die ganz anders gearteten, von völlig verschiedenem Geiste zeugenden mechanisch-mathematischen Hypothesen der großen Franzosen der Epoche haben. Auch Schopenhauer hatte unter dem Einfluß Goethes und des Milieus, in dem sein Denken herangereift war, einen heftigen Widerwillen gegen die französischen Physiker und ihre mechanisch - atomistischen Theorien bekommen, der sich bisweilen in kräftigen Schimpfworten Luft machte.

Indessen die stolzen metaphysischen Systembauten sanken zusammen, und die mechanische Naturauffassung stieg im Ansehen um so mehr, als jener Glanz verblaßte. Zwar wuchs Schopenhauers Ruf, aber die naturwissenschaftlichen Kreise blieben im ganzen seinem Gefolge fern. Die kinetischen Theorien beherrschten die Physik vollkommen.

Erst in den letzten Jahrzehnten ist der mechanischen Physik ein neuer Gegner entstanden. Ein Gegner, der um so drohender erscheinen muß, als er mit den Waffen kämpfen will, denen auch die mechanische Physik ihre Erfolge verdankt, der nicht auf dem Standpunkte metaphysischer Systeme, sondern auf dem der Erfahrung stehen will. Diesem neuen Feinde erscheint die mechanische Physik noch viel zu metaphysisch, zu hypothetisch, nicht empirisch genug. Die mechanisch - atomistische Physik, einst das Ideal der positivistisch denkenden französischen Mathematiker und Physiker und ihres Schülers Comte¹⁾, wird im Namen des Positivismus, des Gegebenheitsstandpunktes, angegriffen. Man will eine hypothesenfreie Physik. Die mechanische Physik ist durch und durch hypothetisch. Sie beschreibt nicht einfach die Naturvorgänge, sie sucht sie durch Bewegungsvorgänge zu erklären, die jenen Vorgängen untergeschoben werden. Die mechanische Physik ist daher durch eine positivistische, phänomenalistische²⁾ zu ersetzen.

¹⁾ Cours de Philosophie Positive, Tome II, 21. Leçon (Considerations philosophiques sur l'ensemble de la physique). Der Comtesche Positivismus ist eben von dem, was heute als Positivismus bezeichnet wird, in vieler Beziehung verschieden.

²⁾ Dabei soll durch das Wort phänomenalistisch vielfach nicht eine

Der geistreichste Vertreter dieser Opposition ist Ernst Mach¹⁾. Der Einfluß seiner Kritik war und ist um so größer, als er die Resultate seiner erkenntniskritischen Überlegungen sofort auf die konkreten Einzelprobleme der Physik anwandte. Seine Stellungnahme zur mechanischen Physik überhaupt legte er dar im Zusammenhang mit einer glänzenden Kritik axiomatischer Prinzipien der Physik, der Mechanik im besonderen. Das Energieerhaltungsprinzip, das als Konsequenz und mithin als Verifikation der mechanistischen Auffassung (unter besonderen Voraussetzungen) erschienen war, suchte er als unabhängig von dieser Auffassung zu erweisen²⁾.

In der Tat verliert der Satz von der Energieerhaltung durchaus nicht seinen Sinn mit dem Verzicht auf die mechanische Deutung jeder Energieform. Der Begriff der Energie kann mit-

Beziehung auf den Phänomenen zugrunde liegende Dinge oder Vorgänge ausgedrückt werden. Z. B. spricht Mach von phänomenalistischer Physik und bekämpft gleichzeitig die Annahme eines den Phänomenen zugrunde liegenden Ansichseins. Eigentlich liegt allerdings dabei ein Mißbrauch des Terminus vor. Das Machsche Ideal der Physik könnte man vielleicht besser als Physik der Sensationen, als sensualistische Physik bezeichnen.

¹⁾ Von Machs Werken kommen am meisten in Betracht: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen. 2. Aufl. 1900. Die Mechanik in ihrer Entwicklung. 5. Aufl. 1904. [Die Prinzipien der Wärmelehre. 2. Aufl. 1900. Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 3. Aufl. 1903.

Hier möge Machs Urteil über die mechanische Naturauffassung der großen Franzosen des 18. Jahrhunderts wiedergegeben werden. „Wenn die französischen Enzyklopädisten des 18. Jahrhunderts dem Ziel nahe zu sein glaubten, die ganze Natur physikalisch-mechanisch zu erklären, wenn Laplace einen Geist fingiert, welcher den Lauf der Welt in alle Zukunft anzugeben vermöchte, wenn ihm nur einmal alle Massen mit ihren Lagen und Anfangsgeschwindigkeiten gegeben wären, so ist diese freudige Überschätzung der Tragweite der gewonnenen physikalisch-mechanischen Einsichten im 18. Jahrhundert verzeihlich, ja ein liebenswürdiges, edles, erhebendes Schauspiel, und wir können diese intellektuelle, einzig in der Geschichte dastehende Freude lebhaft mitempfinden.

Nach einem Jahrhundert aber, nachdem wir besonnener geworden sind, erscheint uns die projektierte Weltanschauung der Enzyklopädisten als eine mechanische Mythologie im Gegensatz zur animistischen der alten Religionen.“ Mechanik. S. 504.

²⁾ Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. 1872.

hin aus der mechanischen Physik hinübergerettet werden in eine neue Auffassung. Er bildet dann das die physikalischen und chemischen Teildisziplinen verbindende Gemeinsame und löst so die mechanische Deutung ab. In diesem Sinne ist man bestrebt, die mechanische Physik durch eine energetische zu ersetzen. „Die Energetik ist eine einheitliche Gedankenentwicklung, eine eigenartige Weise umfassender Naturerkenntnis, die sich von Robert Mayer bis auf unsere Tage entfaltet“¹⁾. Die Energetik, sagt man, kommt dem Ideal hypothesenfreier Naturwissenschaft näher. Ostwald meint sogar, sie gestatte den Verzicht auf jede Hypothese. In den „Vorlesungen über Naturphilosophie“ heißt es: „Darf ich noch einen Punkt hervorheben, so ist es der, daß ich mich bemüht habe, ein Buch zu schreiben, in welchem keine Hypothese aufgestellt oder benutzt worden ist“²⁾. Die Kunst der Darstellung ist bewundernswert, mit der Ostwald in seinen Lehrbüchern über theoretische Chemie seine Anschauungen im einzelnen durchführt. Doch kann die Gewandtheit der Gedankenführung nicht die Anschaulichkeit ersetzen, welche die mechanistische Molekulartheorie für sich hat.

Wie die mechanische Physik zur mechanischen Naturauffassung und schließlich zur mechanischen Weltauffassung, zum Materialismus³⁾ erweitert worden ist, so hat Ostwald die energetische Physik zur energetischen Naturphilosophie und zum energetischen Weltbild überhaupt ausgebaut⁴⁾.

Der prinzipiell erkenntnistheoretischen und der energetischen Ablehnung der mechanistischen Physik treten weitere Angriffe zur Seite, die Inkonssequenzen und Widersprüche in den mechanischen Hypothesen selbst aufweisen wollen. J. B. Stallo hat in seinem Buche: „Die Begriffe und Theorien der modernen Physik“⁵⁾ die mechanische Auffassung einer scharfsinnigen, doch nach unserer Ansicht nicht immer völlig gerechten Kritik unter-

¹⁾ G. Helm, Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung. Leipzig, 1898. Vorwort.

²⁾ Vorrede, S. VIII. 1902.

³⁾ Oder genauer zu bestimmten Erscheinungsformen desselben.

⁴⁾ Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig, 1902. Zur Theorie der Wissenschaft. Vortrag. Annalen der Naturphilosophie. Bd. IV, S. 1 folg.

⁵⁾ Siehe S. 4. Anmerkung.

zogen. Natürlich stehen seine Bedenken ebenso in Zusammenhang mit allgemein erkenntnistheoretischen Überlegungen, wie dies von den energetischen Versuchen einer „Überwindung“ des Mechanismus gilt.

Bei aller Schärfe der Kritik erkennen die drei Angriffsrichtungen den Wert an, den die mechanistische Auffassung für die Entwicklung der Physik gehabt hat. In der Tat ist die große Förderung durch die mechanischen Hypothesen nicht zu bestreiten. Man denke nur an den Einfluß der Atom- und Molekulartheorie auf die Entwicklung der Chemie.

Aber viele hypothetische Vorstellungen haben zu ihrer Zeit anregend und fördernd gewirkt und sind später zu hemmenden Dogmen geworden. Die Annahme eines Wärmestoffes von unveränderlicher Quantität war von großem Nutzen für die Kalorimetrie. Sie hemmte aber die Entwicklung der mechanischen Wärmetheorie. Sollten nun auch die mechanischen Vorstellungen, bei aller Anerkennung ihrer früheren Leistungen, in das Altersstadium eingetreten sein, sich überlebt haben? Das ist die Überzeugung der Kritiker. Die wertvollen Leistungen beweisen nicht die Wahrheit einer Theorie oder Hypothese. Und nur eine Wahrheit bleibt ewig gültig, eine bloß zweckmäßige Annahme aber hat ihre Zeiten des Blühens und Vergehens. Sind die Annahmen der mechanischen Physik so förderlich gewesen, weil sie wahr sind, so haben sie ein Anrecht auf ewige Dauer; waren sie nur zweckmäßig, so sind die Fragen zu erledigen, wodurch und wie lange sie zweckmäßig waren oder sind. Jedenfalls kann die Zweckmäßigkeit einer Hypothese die Folge ihrer Wahrheit sein. Sie kann auch daher rühren, daß die Hypothese, wenn nicht ganz zutreffend, so doch von mehr oder weniger großem Wahrheitsgehalte war.

Die Zweckmäßigkeitsfrage aber wird immer dann sehr aktuell sein, wenn es sich darum handelt, ob große, neuentdeckte Tatsachengebiete den vorhandenen Hypothesen unterzuordnen sind. Solche neuen Erfahrungsgebiete liegen heute vor in den Strahlungsphänomenen, in den Erscheinungen der Radioaktivität, in den Grundlagen der Elektronentheorie. Der Physiker, der in der kinetischen Auffassung mehr sieht als ein zweckmäßiges Werkzeug der Forschung, muß die neuen Tatsachen dieser

Auffassung unterordnen lernen. Waren aber die mechanischen Hypothesen nur ein zweckmäßiges Instrument des Denkens, ein wertvolles Veranschaulichungsmittel, so tritt die Frage auf, ob die Zweckmäßigkeit auf dem neuen Gebiete bestehen bleiben wird oder nicht. Von der Entscheidung dieser Frage allein hängt es ab, ob die kinetischen Hypothesen auf neuen Gebieten beizubehalten sind.

Eine Untersuchung der mechanistischen Auffassung dürfte demnach zeitgemäß sein. Der Verfasser maßt sich nun keineswegs an, darüber zu entscheiden, ob mechanische Hypothesen wahr, zweckmäßig oder schädlich sind. Es versteht sich von selbst, daß für eine solche Entscheidung in erster Linie physikalische Untersuchungen maßgebend sind. Daneben aber kommen ebenso zweifellos philosophische Probleme in Betracht. Die Einwürfe gegen die mechanische Physik, welche von Physikern und Chemikern erhoben wurden, sind übrigens mehr philosophischer als naturwissenschaftlicher Art.

Derartige Voruntersuchungen mehr philosophischen Charakters für die Entscheidung über Wahrheit, Wahrheitsgehalt oder Zweckmäßigkeit der kinetischen Hypothesen in der Physik bilden den wesentlichen Inhalt dieser Schrift.

Es erscheint mir dabei unvermeidlich und auch ungefährlich, daß gelegentlich neben rein philosophischen Betrachtungen physikalische herangezogen werden. Ich glaube auch, mir eine definitorische Scheidung zwischen Philosophie und Physik ersparen zu dürfen. Die vorliegenden Probleme gehören eben einem Grenzgebiete an. Und wo die Ziele der Forschung zusammenfallen oder sich doch berühren, erscheint es mir nicht geboten, die Wege zu denselben schärfer zu trennen, als es die wissenschaftliche Arbeitsteilung unbedingt erfordert.

Vor dem Eintreten in die nachfolgenden Untersuchungen möchte ich mir noch eine Bemerkung erlauben. Wahrheit und Falschheit eines Annahmenezusammenhanges, wie er sich in der mechanistischen Physik darbietet, stehen nicht in kontradiktorischer Beziehung, wie weiße Farbe und nicht weiße Farbe, sondern in konträrer, wie weiße Farbe und schwarze Farbe. Zwischen den Extremen liegen alle Nuancen eines mehr oder weniger hohen

Wahrheitsgehaltes. Die Frage nach der Wahrheit oder Falschheit eines Gedankenzusammenhanges ist überhaupt unzulänglich; sie ist zu ersetzen durch die nach dem Wahrheitsgehalte. Weshalb ich diese Selbstverständlichkeit hervorhebe? Mir scheint, daß die Kritiker der mechanischen Physik nicht selten das Kind mit dem Bade ausgeschüttet haben. Ihre Angriffe können berechtigt, ihre Argumente treffend sein. Trotzdem bleibt uns vielleicht ein echter Kern der Auffassung erhalten, die so wertvolle Dienste geleistet hat, und die wir daher nur mit dem schmerzlichen Bewußtsein, undankbar zu verfahren, ganz beiseite schieben könnten. In dem Kampfe, den die Hypothesen um ihr Dasein führen, können die wertvollsten sich vor der Vernichtung durch Anpassung und Umbildung retten. Es ist zu untersuchen, ob die kinetische Auffassung durch eine philosophische Umdeutung gesichert und erhalten werden kann gegenüber den erkenntnistheoretischen Einwänden. Daß sich eine weitgehende Anpassung an neue physikalische Erfahrungen in naher Zukunft vollziehen müssen, wird bei dem Fortschritt der Elektronentheorie in jüngster Zeit wahrscheinlich erscheinen. Wir werden diese Umbildung im letzten Teile dieser Ausführungen andeuten; dort soll die neue kinetisch-elektrische der alten kinetisch-elastischen Auffassung gegenübergestellt werden.

II. Der Wert der Hypothesen.

Die mechanische Auffassung aller physikalischen Erscheinungen ist hypothetisch. Es fragt sich, ob wir darin einen Fehler sehen sollen. Es ist zu prüfen, ob die Beseitigung der Hypothesen möglich und, wenn das der Fall wäre, wünschenswert ist.

Wir wollen zunächst im allgemeinen Wesen und Bedeutung der Hypothesen untersuchen.

Eine Hypothese besteht aus einer Annahme, oder einer Vielheit von Annahmen, die nicht bewiesen sind. Es muß aber doch irgendein Anlaß vorliegen, derartige Annahmen zu machen. Der Anlaß muß durch das wissenschaftliche Denken gegeben sein, wenn die Annahmen Anspruch auf die Bezeichnung Hypothese machen wollen. Das wissenschaftliche Denken kann 1. Annahmen machen, von denen es voraussetzt, daß sie unzutreffend sind in allen oder einzelnen Punkten oder 2. Annahmen, die es für wahrscheinlich oder gar wahr hält, wenigstens in einzelnen Teilen. Annahmen der ersten Art finden wir im Gebrauch beim indirekten Beweise. Sie werden ferner benutzt zum Zwecke der Veranschaulichung. Solche mit dem Bewußtsein der völligen oder teilweisen Unrichtigkeit gemachten Annahmen bezeichnen wir als Fiktionen. Manche physikalische Hypothese früherer Jahrzehnte und Jahrhunderte ist zur Fiktion geworden. Die Fluidumhypothese der Wärme lebt nicht mehr. Aber lange wird die Fluidumfiktion noch lebendig bleiben. Diese Fiktion ist für die Darstellung der Kalorimetrie und der Lehre von der Wärmeleitung sehr geeignet. Die Physik macht die Fiktionen eines materiellen Punktes, einer reibungslosen Fallbewegung, eines mathematischen Pendels, eines idealen Gases, eines absolut schwarzen Körpers, eines isolierten magnetischen Poles usw.

Sie kann solche Fiktionen nicht entbehren¹⁾. Diese Fiktionen sind keine Hypothesen. Wo frühere, überlebte Hypothesen zu Fiktionen geworden sind, werden sie häufig ungenau noch als

¹⁾ Daß diese Fiktionen unentbehrlich sind, wird der physikalisch orientierte Leser sofort erkennen. Ohne sie ist überhaupt keine Entwicklung der Physik möglich. Die Fiktionen sind, wie schon obige Beispiele zeigen, vielfach Vereinfachungen gegenüber den physikalischen Vorgängen, die mit dem Bewußtsein der Unrichtigkeit gemacht sind. Es kann sich nur darum handeln, Fiktionen zweckmäßig zu gestalten. Das Bilden vereinfachter, zweckmäßiger, fiktiver Vorstellungen zu weniger einfachen Naturvorgängen bezeichnet Mach als ein Idealisieren (Wärmelehre, S. 456—457).

Genau genommen sind die absichtlichen Vereinfachungen nur teilweise Fiktionen. Das absichtliche Vereinfachen bildet das Fingieren. Dabei bleiben in der Vorstellung Elemente, die nicht fiktiver Natur sind. Diese sind aber nicht nur wahrscheinliche Annahmen, sondern Beobachtungen. Alles, was Annahme an einer Vereinfachung, Idealisierung bewußter Art ist, ist Fiktion.

Daneben vereinfacht der Physiker, wie jeder Wissenschaftler und jeder denkende Mensch, seine Gegenstände auch ungewollt und unbewußt. Das ist für die Psychologie des wissenschaftlichen Forschens von großer Bedeutung, weil darauf zahlreiche Fehlerquellen der empirischen Forschung zurückführbar sind. Daneben hat die Sache übrigens auch ihre guten Seiten.

Andere Vorstellungen sind, im Gegensatz zu den Vereinfachungen, ganz und gar fiktiver Natur. Dazu gehören die „Fluiden-Hypothesen“. Diese Fluiden sind, obwohl gänzlich fiktiv, d. h. völlig unzutreffend, doch nicht völlig willkürlich. Für sie ist Zweckmäßigkeit, also etwa Einfachheit, Anschaulichkeit, große Leistungsfähigkeit bestimmend. Sie dienen sprachlichen, mnemotechnischen und pädagogischen Zwecken.

Letzteren dienen vielfach auch fingierte Experimente, die zum Teil als fiktive Vereinfachungen zu gelten haben. Man denke etwa an die Beispiele aus Mechanik und Thermodynamik. Zu den Vereinfachungen stehen die Bilder der Hertzschen Mechanik in gewisser Beziehung (Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Leipzig, 1894. S. 1 folg.). Dabei bleibt unentschieden, wieviel im „Bild“ mit dem Darzustellenden übereinstimmt, wieviel bewußt fiktiv ist, wie weit die Vereinfachung gewollt oder nicht gewollt ist. Die Bilder sollen jedenfalls mit den Dingen so weit übereinstimmen, „daß die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände“. Das gilt genau genommen nicht von den fiktiven Vereinfachungen.

Andere Physiker bezeichnen mit dem Worte Bild oder Modell Vorstellungen fiktiver Natur, die nicht als Vereinfachungen, wohl aber als Veranschauligungsmittel betrachtet werden müssen. Man denke z. B. an Modelle der Ätherstruktur.

Alle diese Bezeichnungen spielen zwar in physikalischen Darstellungen eine große Rolle, werden aber von verschiedenen Forschern in vielfältig

Hypothesen bezeichnet. Hier sind die Fiktionen jedenfalls von den Hypothesen zu trennen.

Sind nun alle aus wissenschaftlichen Motiven stammenden Annahmen, die zwar nicht bewiesen sind, indessen für ganz oder teilweise wahr oder wahrscheinlich gehalten werden, für die jedenfalls der für Fiktionen bedeutungslose Gesichtspunkt der Wahrheit oder Wahrscheinlichkeit in Frage kommt, Hypothesen? Die Antwort muß, glaube ich, nein lauten. Allerdings fängt die Bestimmung an unsicher, der Sprachgebrauch ungenau zu werden. Die wissenschaftlichen Gründe, welche eine unbewiesene Annahme veranlassen, können die Annahme um ihrer selbst oder um anderer Annahmen und Tatsachen willen fordern, oder es kann beides zusammenwirken. Im zweiten Falle haben wir eine Hypothese vor uns. Im dritten Falle liegt eine Komplikation vor, die indessen von größter Bedeutung ist.

Das Ausgeführte bedarf in mehrfacher Hinsicht einer Rechtfertigung. Das, was auf wissenschaftlichem Gebiete eine Annahme ohne Rücksicht auf andere, nur um ihrer selbst willen, fordert, ist der Beweis. Also kann keine unbewiesene Annahme um ihrer selbst willen aus wissenschaftlichen Gründen gefordert werden. Demnach würde die erste Möglichkeit nicht existieren. Diesem Einwande wäre vielleicht entgegenzuhalten, daß Annahmen um ihrer selbst willen zu machen sind, für die es keinen Beweis gibt: etwaige Axiome. Indessen wollen wir hier nicht entscheiden, ob es Axiome in diesem Sinne gibt. Der Einwand fällt ohnehin fort, wenn die Worte „unbewiesen“ und „Beweis“ in dem Sinne genommen werden, der ihnen hier zukommt. Unter Beweis verstehen wir das, was die Einzelwissenschaften darunter verstehen¹⁾. Eine Annahme kann unbewiesen sein, weil

abweichendem Sinne benutzt. Sie verlieren dadurch sehr an Wert. Scharfe Begriffsbestimmungen sind nicht leicht in zweckmäßiger Weise zu gewinnen, weil die verschiedenen Typen ineinander übergehen. Für unsere Ziele genügt es, alle fiktiven Vorstellungen von den Hypothesen zu trennen. Durch die Verwechslung und Vermischung beider ist das Problem der Hypothese ungemein getrübt worden.

¹⁾ Nach dem hier angenommenen Sprachgebrauch der Einzelwissenschaften gibt es natürlich auch induktive, empirische Beweise. Will man sich der Verwendung des Wortes Beweis in diesem Sinne nicht anschließen, so muß man zugeben, daß die sichersten Sätze der Naturwissenschaft, wie

die Gründe, die für sie sprechen, nicht ausreichend sind. Annahmen, für die zwar Gründe, aber nur unzureichende, existieren, sind dann noch nicht als Hypothesen zu bezeichnen, wenn die Gründe für sie um ihrer selbst willen sprechen. Ein Beispiel möge das „um ihrer selbst willen“ erläutern. Wenn der Zoologe auf Grund einer sonstigen Analogie des Baues das Vorhandensein eines bestimmten, noch nicht entdeckten Organes bei einer Art vermutet, als wahrscheinlich betrachtet, so stellt er keine Hypothese auf. Denn er macht die Annahme um ihrer selbst willen; die Annahme selbst ist das, was er durch seine Gründe stützen, wahrscheinlich machen will.

Alle Annahmen, die auf Grund von unzulänglichen, nicht beweisenden Induktionen und Analogien gemacht werden, sind noch nicht Hypothesen. Diese Annahmen sind nicht etwa wertlos, sie sind von großem Nutzen, solange nicht vergessen wird, daß sie nur als mehr oder weniger wahrscheinlich gelten dürfen. Allerdings werden derartige Annahmen häufig als hypothetisch bezeichnet, während sie besser problematisch heißen müßten.

Hypothesen sind demnach unbewiesene Annahmen, die um anderer Annahmen oder Tatsachen willen gemacht werden. Werden nicht auch die im vorigen Abschnitt besprochenen, etwa durch Analogie veranlaßten Annahmen um anderer, nämlich der analogen Tatsachen willen gemacht? Eine Darlegung dessen, was unter „um anderer Annahmen oder Tatsachen willen“ zu

die gewissesten Ergebnisse der Geschichtsforschung unbewiesen sind; dann gelangt man zu einer unerhörten Vergewaltigung des Sprachgebrauches. Freilich entstehen für uns sofort Schwierigkeiten, wenn zu entscheiden ist, ob ein vorliegendes induktives Verfahren als Beweis anzuerkennen ist. Eine scharfe Grenze zwischen Bewiesenem und Wahrscheinlichem existiert nicht mehr, da ja das induktiv Bewiesene auch „nur“ im höchsten Grade wahrscheinlich ist. Dabei muß übrigens berücksichtigt werden, daß derartig hohe Wahrscheinlichkeitsgrade von den Einzelwissenschaften als „Gewißheit“ bezeichnet werden, auch wenn der auf den betreffenden Gebieten arbeitende Forscher sehr wohl weiß, daß diese Gewißheit nicht dem mathematischen Wahrscheinlichkeitswerte Eins entspricht. Der Astronom prophezeit mit völliger „Gewißheit“ den Eintritt einer Mondfinsternis; der Logiker behauptet, jede induktive Voraussage, also auch die Prophezeiung des Astronomen, sei „nur“ wahrscheinlich. Beide Behauptungen brauchen nicht im Widerspruche miteinander zu stehen, wenn sehr hohe Wahrscheinlichkeit als Gewißheit bezeichnet wird.

verstehen ist, dürfte wohl diesen Einwurf beseitigen und gleichzeitig das Verhältnis zwischen nicht beweisenden Induktions- und Analogieschlüssen und Hypothesen in das richtige Licht setzen. Gerade auf das letztere aber möchte ich Gewicht legen.

Gewiß wird auch eine auf Analogie gestützte (unzulänglich bewiesene) Annahme um jener Analogie willen gemacht. Aber dabei erhalten die Grundlagen der Analogie nichts von jener Annahme; sie bleiben nach der Bildung der Annahme unverändert bestehen.

Die problematische Annahme ist das einzige Neue, was hinzukommt; um ihrer selbst willen in diesem Sinne wird sie gemacht. Die Annahme des analogen noch unentdeckten Organs in obigem Beispiel gibt für die Beobachtungen, auf Grund deren sie gemacht wurde, absolut nichts Neues. Sie wird also nicht diesen zu Liebe, sondern um ihrer selbst willen gebildet.

Anders die Hypothese. Sie wird etwas anderem zu Liebe gebildet. Eine durch Induktion per enumerationem simplicem oder durch Analogie gestützte Annahme ist die (wahrscheinliche) logische Folge gewisser anderer Tatsachen oder Annahmen. Eine Hypothese ist eine mehr oder weniger (wahrscheinliche) Grundannahme, deren Folgen jene Annahmen oder Tatsachen sind, die die Bildung der Hypothese veranlaßten. Die Hypothese ist also eine unbewiesene Annahme, die gebildet wurde, damit andere Annahmen oder Tatsachen einen Ableitungsgrund erhalten, damit diese Ausgangsannahmen gefolgert, „erklärt“¹⁾ werden können.

Es versteht sich von selbst, daß die Hypothese, die Annahme als solche, veranlaßt ist durch die Annahmen oder Tatsachen, um deren willen sie gebildet wurde. Daher ist jede

¹⁾ An dieser Stelle soll auf den Begriff der Erklärung nicht eingegangen werden. Die Anwendung des Wortes im Texte kann jedenfalls kaum bemängelt werden. Gleichviel, ob jede Erklärung nichts anderes ist, als die logische Ableitung realer Tatsachen („Das letzte Ziel alles Erklärens ist aber nichts anderes als empirisch gegebene Zusammenhänge logisch zu durchleuchten . . .“ G. Heymans: Über Erklärungshypothesen und Erklären überhaupt. Ostwalds Annalen der Naturphilosophie. Bd. I, S. 483), oder ob noch andere Arten von Erklärungen anzunehmen sind: zweifellos ist, daß uns etwas erklärt erscheint, sobald wir es aus etwas anderem folgern können.

Hypothese logisch auch eine mögliche Folge dieser zugrunde liegenden Annahmen oder Tatsachen. Die Trennung der unbewiesenen induktiv-analogisch gewonnenen Annahmen von den Hypothesen ist mithin keine scharfe. Es handelt sich vielmehr um eine Typeneinteilung.

Zu dem gleichen Resultate führt folgende Überlegung. Immer wird uns eine neue Annahme, die irgendwie eingeführt ist, hinsichtlich ihres Wahrheitsgehaltes interessieren. Das gilt auch von den Hypothesen. Ist demnach eine Hypothese auch um anderer Annahmen oder Tatsachen willen gebildet, so wird sie doch daneben ein Interesse rein für sich in Anspruch nehmen. Die wirklichen Hypothesen werden daher einem Zwischentypus angehören. Sie werden sowohl um anderer Annahmen und Tatsachen, als auch um ihrer selbst willen an sich erforderlich, an sich interessant sein.

So nähern wir uns dem dritten Typus jener Annahmen, die für ganz oder teilweise wahr oder wahrscheinlich gehalten werden, zu den Komplikationen von hypothetischen und induktiv-analogischen Annahmen. Weil eine Hypothese einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit immer haben muß (sonst würde ja eine Fiktion vorliegen), müssen Gründe für sie sprechen. Diese Gründe können nicht lediglich deduktiv-denknotwendiger Natur sein. Das Hypothetische der Annahme kann nur aus induktiv-analogischen Elementen in den Gründen für die Hypothese stammen. Mit anderen Worten, die Hypothesen lassen sich, in diesen Fällen gezwungen, in jenen natürlich, auffassen als Annahmen, die durch für einen Beweis unzulängliche Induktionen oder Analogien geboten werden¹⁾. Sobald die Frage nach dem Wahrheitsgehalte oder der Wahrscheinlichkeit einer Hypothese auftaucht, beginnt die Aufgabe, Gründe für dieselbe zu suchen.

¹⁾ Beispiele für hypothetische Annahmen, die sich ungezwungen als Ergebnisse von Analogieschlüssen auffassen lassen, werden wir weiter unten kennen lernen. Hier sei an die einfachste Form der Undulations- und Ätherhypothesen erinnert. Reflexion, Brechung und Interferenz zeigen sich beim Lichte ebenso wie beim Schall. Also beruht das Licht wie der Schall auf Schwingungen in einem materiellen Medium, dem Äther. Durch Analogieschlüsse gelangt man zu der Annahme der Identität der Licht-, Wärme- und elektrischen Schwingungen, also zur elektromagnetischen Lichttheorie.

Die Gründe müssen die Hypothese als um ihrer selbst willen wahrscheinlich erweisen. Die Gründe müssen zuletzt ein analogisch-induktives Element enthalten, da sonst ein Beweis vorliegen und die Hypothese als solche verschwinden würde.

Nach diesen Ausführungen ergibt sich, daß die Hypothesen, sobald nach ihrem Wahrscheinlichkeitsgehalte oder Werte gefragt wird, sofort mehr oder weniger zu jenen Annahmen vom dritten Typus werden. Diese, die Komplikationen von Hypothesen, mögen nun — im Anschluß an den Sprachgebrauch — in Zukunft auch einfach als Hypothesen schlechthin bezeichnet werden.

Hypothesen sind nach dem Vorhergehenden aus wissenschaftlichen Motiven gebildete, unbewiesene Annahmen, die für teilweise wahr oder wahrscheinlich gehalten werden und durch andere Annahmen oder Tatsachen in der Weise veranlaßt sind, daß diese anderen aus jenen hypothetischen als Folgen ableitbar werden.

Mit den bisherigen Erörterungen über das Wesen von Hypothesen ist der Grund gelegt für die Feststellung ihrer Bedeutung, ihres Wertes. Eine Hypothese hat einen doppelten Wert, nämlich erstens für die Annahmen oder Tatsachen, die sie erklärt, und zweitens hat sie als wahrscheinliche Annahme einen Wert als solche, indem sie zwar nicht unser sicheres, aber doch unser Wissen vom Wahrscheinlichen vermehrt. Indessen sind die beiden Werte nicht unabhängig. Der Erklärungswert wächst und nimmt ab mit der Wahrscheinlichkeit der Hypothese. Je wahrscheinlicher eine Hypothese ist, um so befriedigender ist auch die Erklärung, die sie bietet. Dazu kommen allerdings noch andere Umstände, die eine Erklärung mehr oder weniger befriedigend erscheinen lassen.

Der Wert einer Hypothese ist demnach in erster Linie bedingt durch die Wahrscheinlichkeit, die ihr zukommt — genau, wie das bei jeder anderen Annahme der Fall ist —. Jede wahrscheinliche Hypothese hat als solche wissenschaftlichen Wert. Daher ist eine Wissenschaft, die neben Tatsachen noch wahrscheinliche Annahmen und Hypothesen hat, höher zu bewerten, als eine solche, welche nur die nackten Tatsachen hätte (vorausgesetzt, daß das überhaupt möglich wäre¹⁾). Das gilt um so

¹⁾ Vergl. das 4. Kapitel.

mehr, als gerade die Hypothesen Antworten — wenn auch nur mehr oder weniger wahrscheinlich richtige — geben auf Fragen, die am meisten unser Interesse in Anspruch nehmen. Eine Behandlung der Wissensgebiete, die Hypothesen nicht verschmäht, hat dadurch einen Vorzug gegenüber einer solchen, die auf jede Wahrscheinlichkeit verzichten will und damit die Beantwortung gerade der uns wichtigsten Fragen überhaupt ablehnen muß. Eine Physik, die nur die Tatsachen bieten könnte, müßte (ihre Möglichkeit wieder vorausgesetzt) geringwertiger erscheinen als eine solche, die neben diesen noch wahrscheinliche Hypothesen hat, welche sich mit den wesentlichsten Problemen beschäftigen¹⁾.

Da der Wert der Hypothese mit der Wahrscheinlichkeit wächst, wird zu untersuchen sein, wovon diese abhängt. Wir können die Untersuchung von verschiedenen Seiten in Angriff nehmen. Die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese ist erstens bedingt durch ihren eigenen Inhalt, d. h. durch die Annahmen, aus denen sie besteht; zweitens durch die Eigenart der Annahmen oder Tatsachen, um derentwillen sie gebildet wurde.

Der eigene Inhalt einer Hypothese hängt zunächst von der Zahl der in ihr enthaltenen Annahmen ab, ferner von der Qualität derselben. Besteht der Inhalt einer Hypothese aus einer Mehrheit von voneinander unabhängigen Annahmen — was strenge genommen meist der Fall ist —, so wächst die Unwahrscheinlichkeit *ceteris paribus* mit der Zahl der Teilannahmen.

¹⁾ Gerade für die Physik trifft es in hohem Maße zu, daß die Hypothesen die interessantesten Fragen zu beantworten suchen. Alle jene Untersuchungen über das „Wesen“ der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität, der chemischen Wirkung, sind durch und durch hypothetisch. Und gerade diese Untersuchungen haben von jeher den Forschungstrieb vor allen anderen gereizt. Die Frage nach dem „Wesen“ einer physikalischen Erscheinung ist eben die wesentlichste Frage, die in bezug auf dieselbe gestellt werden kann. Zu allen Zeiten ist die Konstitution der Materie der Gegenstand eifrigen Forschens gewesen. Auch dieses interessante Rätsel kann allem Anschein nach immer nur durch Hypothesen gelöst werden. Es kann daher nicht bezweifelt werden: wer der Physik die Hypothesen nehmen will, muß ihr gleichzeitig den Weg zu den fesselndsten Forschungen versperren. Aus diesem Grunde schon wird man das Verbot der Hypothesenbildung nicht leicht gelten lassen.

Denn eine jede Teilannahme hat eine gewisse Wahrscheinlichkeit, deren Wert in mathematischem Sinne unter eins liegt. Die Wahrscheinlichkeiten für das Zusammentreffen der Richtigkeit mehrerer unabhängiger Annahmen ist aber gleich dem Produkte der Wahrscheinlichkeiten für die Teilannahmen. Da diese Wahrscheinlichkeiten Werte haben, die unter eins liegen, ist ihr Produkt kleiner als jeder einzelne, und es wird um so kleiner, je größer die Zahl der Faktoren ist. Wären die Teilannahmen alle von gleicher Wahrscheinlichkeit, so würde *ceteris paribus* die Wahrscheinlichkeit in geometrischer Reihe kleiner werden, wenn die Zahl der Teilannahmen in arithmetischer Reihe zunehmen würde. Liegen die Wahrscheinlichkeitswerte nur wenig unter eins, so nähern sich die Glieder dieser geometrischen Reihe sehr langsam der Null; sind jene Werte aber relativ klein, so werden die Glieder der geometrischen Reihe sehr bald Null. Daraus ergibt sich, daß eine Vermehrung der Annahmen in einer Hypothese unbedenklich ist, falls die Teilannahmen alle von recht hoher Wahrscheinlichkeit sind. Liegen aber mehrere Teilannahmen von geringer Wahrscheinlichkeit vor, so wird der Wert der Hypothese sehr gering zu veranschlagen sein.

Durch diese Überlegungen sind wir instand gesetzt, zu der Forderung der Einfachheit von Hypothesen Stellung zu nehmen. Man wird erkennen, daß diese Forderung nicht unbedingte Gültigkeit haben kann. Eine Hypothese ist noch nicht schlecht, weil sie kompliziert ist. Die Komplikation ist unbedenklich, wenn nur die Teilannahmen hohe Wahrscheinlichkeitsgrade besitzen. Sie ist verhängnisvoll, falls das nicht der Fall ist. Die Einfachheit ist jedenfalls als abgeleitetes Postulat zu betrachten, abgeleitet aus der Forderung der Wahrscheinlichkeit. Nicht immer ist die einfachere Hypothese die bessere; die wahrscheinlichste dagegen ist stets als die beste zu betrachten.

Freilich bevorzugen wir die Einfachheit noch aus einem anderen Grunde, den man in der Forderung der Ökonomie des Denkens (Denken nach dem kleinsten Kraftmaße) formuliert hat. Die Einfachheit fällt eben zusammen mit der Bequemlichkeit. Diese, oder die größte Leistungsfähigkeit mit einfachsten Mitteln, kommt vor allen Dingen in Betracht für die Bewertung von Fiktionen. Daher finden wir die Forderung der Einfachheit oder

ökonomischen Tüchtigkeit besonders in den Vordergrund gestellt bei Forschern, die die Hypothesen (der mechanischen, atomistischen Naturauffassung etwa) als nichts anderes als Fiktionen betrachten. Wertet man dagegen die Hypothesen als wahrscheinliche Annahmen, so kommt die Bequemlichkeit nicht in Betracht, und die Einfachheit nur insofern, als sie mit der Wahrscheinlichkeit zusammenfallen mag.

Der Inhalt der Hypothesen selbst ist ferner bedingt durch die Qualität der in ihr ausgesprochenen Annahmen. In bezug auf diese ist natürlich bei einer allgemeinen Betrachtung nicht viel zu sagen. Es versteht sich von selbst, daß die Teilannahmen sich weder untereinander, noch anderen bewiesenen Sätzen widersprechen dürfen. Eine Teilannahme wird schon dadurch unwahrscheinlicher, daß sie irgendeiner anderen wahrscheinlichen Annahme widerspricht. Sie wird wahrscheinlicher, wenn sie mit anderen Annahmen gut zusammenpaßt¹⁾, etwa mit ihnen in deduktivem Zusammenhange steht. Von diesem Gesichtspunkte aus ergibt sich eine neue Einschränkung der Forderung der Einfachheit. Stehen viele Annahmen einer Hypothese in solchen deduktiven Zusammenhängen, etwa so, daß aus einer einzigen oder einigen wenigen Annahmen die übrigen folgen, so ist die Vielheit derselben an sich unbedenklich.

Gehen wir zu den Bedingungen für die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese über, die sich aus der Betrachtung der Tatsachen oder Annahmen ergeben, welche Veranlassung für die Bildung der Hypothese boten. Sofort ergibt sich der Unterschied zwischen den angedeuteten beiden Fällen: entweder ist die Hypothese auf Grund von Tatsachen, von bewiesenen Sätzen gebildet, oder sie ist anderen Annahmen, anderen Hypothesen zu Liebe geschaffen. Es versteht sich von selbst, daß *ceteris paribus* solche Hypothesen wahrscheinlicher sein werden, die

¹⁾ Die erste Behandlung des Wahrscheinlichkeitsproblems, die Aufstellung der drei Wahrscheinlichkeitsstufen durch Karneades, macht dem Scharfblick des alten Skeptikers alle Ehre. In der Wissenschaft und im Leben vermag eine Wahrscheinlichkeit die andere zu stützen und sich gleichzeitig an sie zu lehnen, so daß beide gewinnen. Die stützende wahrscheinliche Annahme nimmt zu an Bedeutung, wenn sie wieder gestützt wird durch andere Wahrscheinlichkeiten.

bewiesenen Sätzen zu Liebe gemacht wurden. Indessen sind Hypothesen um anderer Annahmen und Hypothesen willen keineswegs radikal zu verwerfen. Denn zuletzt sind ja doch die Annahmen oder Hypothesen alle auf Grund von Tatsachen gebildet. Eine Hypothese, die im Interesse einer anderen erfunden wurde, ist daher schließlich doch indirekt um der Tatsachen willen gebildet. Beide zusammen können aufgefaßt werden als eine einzige, die aus der Gesamtheit der in beiden enthaltenen Annahmen besteht. Hypothesen, um anderer Annahmen oder Hypothesen willen gebildet, haben daher eine Wahrscheinlichkeit, die durch die größere Zahl der Annahmen bedingt ist, welche das Bauen von Annahmen über Annahmen veranlaßt. Da diese größere Zahl nicht unter allen Umständen bedenklich ist, darf die Konstruktion von Hypothesen, anderen Annahmen und Hypothesen zu Liebe, nicht immer verworfen werden. Die oft ausgesprochene Maxime, welche derartige Hypothesenbildungen verbietet, ist demnach nicht zu genau zu nehmen. Sie ist von der Wissenschaft übrigens nie genau befolgt worden.

Dazu ist ein weiterer Umstand zu berücksichtigen, der zugunsten vieler Hypothesen über Hypothesen und Annahmen spricht. Selbstverständlich werden die Hypothesen oder Annahmen, um derentwillen andere Hypothesen gebildet wurden, nicht unabhängig sein von den letzteren. Vielmehr werden die ersteren aus den letzteren mehr oder weniger vollständig deduktiv ableitbar sein. Daher ist die Vermehrung der Annahmen in solchen Fällen bei weitem nicht so gefährlich, als sie es sein würde, falls alle die Annahmen unabhängig nebeneinander ständen.

Direkt oder indirekt sind alle Hypothesen bewiesenen Urteilen zu Liebe gebildet. Wir sahen (S. 16), daß die Hypothesen, bald nur gezwungen, oft aber auch recht natürlich aufgefaßt werden können als Annahmen, für welche Analogieschlüsse sprechen. Die Wahrscheinlichkeit der Hypothesen ist also bedingt durch den Wert der betreffenden Analogien. So zeigt das Licht analoge Eigenschaften, wie unserer Wahrnehmung zugängliche Wellenbewegungen. Die Wahrscheinlichkeit der Undulationstheorie des Lichtes wird demnach abhängen von dem Charakter der Analogie. Ist die Analogie (wenigstens in be-

stimmter Richtung) sehr weitgehend, so wird eine darauf gegründete hypothetische Annahme (in dieser Richtung zum mindesten) eine große Wahrscheinlichkeit haben. Je vager die Analogie, desto geringer ist selbstverständlich die Wahrscheinlichkeit, welche sie zu geben imstande ist. Es überträgt sich alles, was über die durch Analogie zu gewinnende Wahrscheinlichkeit zu sagen ist, ohne weiteres auf die Wahrscheinlichkeit von durch Analogie stützbaeren Hypothesen. Insbesondere wächst die Wahrscheinlichkeit erstens mit der Zahl der Beziehungspunkte der Analogie, zweitens mit der Vollständigkeit der Übereinstimmung oder Ähnlichkeit der einzelnen Punkte. Dabei ist die Einschränkung zu machen, daß die Beziehungspunkte unabhängig voneinander bestehen müssen, wenn sie als verschieden mitgezählt werden sollen. Ist ein Beziehungspunkt, eine Übereinstimmung oder Ähnlichkeit einfach (logische oder reale) Folge einer anderen, so wird durch diesen oder diese die Analogie für die Wahrscheinlichkeit nicht an Wert gewinnen. Das ist von großer Bedeutung für die Lehre von der Verifikation von Hypothesen. Werden solche aus anderen Übereinstimmungen folgende Übereinstimmungen neu entdeckt, so machen sie eine Hypothese nicht wahrscheinlicher, da sie sich ja bei beliebigen anderen hypothetischen Annahmen oder auch überhaupt ohne solche, genau so, allein aus den gegebenen Übereinstimmungen ergeben. Derartige Neuentdeckungen erwecken zuweilen den Schein von Verifikationen, sind aber nicht als solche zu betrachten.

Der Wahrscheinlichkeitswert, den die bewiesenen Wahrheiten, um derentwillen direkt oder indirekt eine Hypothese gebildet wurde, dieser geben, lernen wir genauer abschätzen, wenn wir die Untersuchung in einer anderen Richtung einleiten. Hypothesen werden geschaffen, damit die bewiesenen Wahrheiten und Tatsachen einen Ableitungsgrund bekommen, damit sie gefolgert, erklärt werden können (S. 15, Anm.). (Um die Darstellung zu vereinfachen, mögen im folgenden die um anderer Hypothesen und Annahmen willen gebildeten Hypothesen zuweilen unerwähnt bleiben. Die Übertragung der Betrachtungen auf dieselben versteht sich von selbst, nachdem erwähnt wurde, daß auch sie zuletzt um bewiesener Wahrheiten oder Tatsachen willen gebildet werden.) Hypothesen bestehen demnach aus unbewiesenen Ur-

teilen, aus denen durch richtige Schlußweisen die bewiesenen Urteile folgen, um derentwillen die Hypothesen gebildet wurden. Nun hat schon Leibniz gesehen, daß die Richtigkeit des Schlußsatzes die der Prämissen nicht voraussetzt, „que le vrai peut être tiré du faux“¹⁾ [Leibn. Opera. Philos., hrsg. von Erdmann, I., S. 397. Nouveaux Essais, chap. 17, § 5]. Daher eben sind die hypothetischen Annahmen nur mehr oder weniger wahrscheinlich, nicht aber bewiesen. Untersuchen wir, wovon der Grad der Wahrscheinlichkeit abhängt! Die hypothetischen Annahmen mögen in einer Reihe von Urteilen $u_1, \dots u_n$ formuliert sein. Die bewiesenen Wahrheiten, welche Veranlassung zur Bildung der Hypothese gaben, mögen $U_1, U_2, \dots U_m$ heißen. Dann müssen sich $U_1, U_2, \dots U_m$ aus den Urteilen $u_1, u_2, \dots u_n$ folgern lassen durch richtige Schlüsse. Das folgt aus dem Wesen

¹⁾ Man braucht nur von einem gewöhnlichen Syllogismus der ersten Figur auszugehen, um zu einem Beispiel für einen richtigen Schluß aus falschen Prämissen zu gelangen. Ersetzt man in Ober- und Untersatz das Mittelglied durch einen anderen Begriff, so bleibt der Schlußsatz derselbe, obwohl die Prämissen vielleicht falsch geworden sind. Führen wir dies bei dem alten Schulbeispiel aus: In Ober- und Untersatz des Syllogismus:

Alle Menschen sind sterblich.

Cajus ist ein Mensch.

Also ist Cajus sterblich;

wollen wir den Begriff Mensch durch den Begriff Gott ersetzen:

Alle Götter sind sterblich.

Cajus ist ein Gott.

Also ist Cajus sterblich.

Beide Prämissen sind falsch; der Schlußsatz ist richtig geblieben. Hätten wir an Stelle von Mensch Tier eingesetzt, so wäre nur der Untersatz falsch geworden, Ober- und Schlußsatz wären richtig geblieben.

Sehr leicht lassen sich in der Arithmetik aus falschen Prämissen richtige Schlüsse ziehen. Der Fehler kann bei einer Substitution verschwinden. (Der Fall entspricht dem obigen; nur handelt es sich um Syllogismen aus Urteilen „vollständiger Gleichheit“ (B. Erdmann, Logik, I. Aufl. Bd. I, S. 519). Beim Aufsuchen eines Beweises für ein bekanntes mathematisches Gesetz unterliegt man solchen Fehlern zuweilen. Als Beispiel hierfür diene folgende falsche Ableitung:

$$(a^r)^s = a^r + s$$

$$a^r + s = a^s + r$$

$$a^s + r = (a^s)^r$$

$$(a^r)^s = (a^s)^r.$$

der Hypothese und der Art, wie Hypothesen zu bilden sind. Unter den Urteilen $u_1, u_2, \dots u_n$ können nach den bekannten Regeln der formalen Logik auch falsche enthalten sein, obgleich aus der Gesamtheit dieser Urteile sich die richtigen Konsequenzen $U_1, U_2, \dots U_m$ ergeben. Diese etwa vorhandenen falschen Urteile mögen $u_\alpha, u_\beta, \dots u_\lambda$ heißen. Ich denke mir jetzt die verschiedenen u auf alle möglichen Weisen zu Schlüssen zusammengestellt. Dann ergeben sich eine Reihe von Konsequenzen $U_a, U_b, \dots U_o$. Unter diesen Konsequenzen befinden sich jedenfalls richtige Urteile, nämlich $U_1, U_2, \dots U_m$; vielleicht finden sich noch weitere richtige Urteile unter den U vor. Sicher können aus den falschen Urteilen $u_\alpha, u_\beta, \dots u_\lambda$ aber auch falsche Konsequenzen $U_\mu, U_\nu, \dots U_\zeta$ gezogen werden.

Ist die Zahl der $U_1, U_2, \dots U_m$, also m groß, dagegen die der $u_1, u_2, \dots u_n$, also n klein, so ist ein verhältnismäßig großer Teil der Konsequenzen $U_a, \dots U_o$, die sich aus den $u_1, u_2, \dots u_n$ überhaupt bilden lassen, bekannt. Die Wahrscheinlichkeit, daß auch falsche Annahmen $u_\alpha, \dots u_\lambda$ in den $u_1, \dots u_n$ stecken, ist um so kleiner, je kleiner die Wahrscheinlichkeit ist, daß unter den sämtlichen Konsequenzen $U_a, U_b, \dots U_o$ falsche Urteile $U_\mu, U_\nu, \dots U_\zeta$ vorkommen; die letztere ist aber um so kleiner, je kleiner die Differenz zwischen der Zahl der $U_a, \dots U_o$ und der Zahl der $U_1, U_2, \dots U_m$ ist. Der Minuend dieser Differenz ist klein, wenn die Zahl n klein ist; der Subtrahend ist m , also groß, wenn m groß ist. Die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese wächst mit der Zahl (m) der bewiesenen Sätze, auf Grund deren sie gebildet ist; sie wird beeinträchtigt, wenn die Hypothese aus vielen voneinander unabhängigen Annahmen zusammengesetzt ist. Damit ist nicht die Zahl der bewiesenen Sätze (m) oder der hypothetischen Annahmen (n) als an sich maßgebend erwiesen, sondern es kommt auf die relative Größe an. Ist m sehr groß, so kann n groß sein. Wenn aber m klein ist, so darf n auch nur klein sein, falls nicht die Hypothese unwahrscheinlich sein soll ¹⁾.

¹⁾ Die hier aufgestellten Bedingungen für die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese decken sich nicht genau mit den früher gefundenen; sie sind eben aus anderen Voraussetzungen abgeleitet. Diese verschiedenen Bedingungen sind miteinander in Verbindung zu bringen. So kommt es natürlich auf den

Denn die umgekehrte Überlegung zeigt sofort, daß eine Hypothese um so unwahrscheinlicher ist, je kleiner m ist bei bestimmtem n , und je größer n ist bei bestimmtem m .

Eine Hypothese ist demnach um so wahrscheinlicher, je mehr Wahrheiten sie veranlaßt haben und je weniger Annahmen sie zu machen braucht. Wieder ergibt sich die Forderung der Einfachheit aus der der Wahrscheinlichkeit. Dabei ist immer zu berücksichtigen, daß die Einfachheit nicht schlechthin zu fordern ist, weil (falls nur m groß genug ist) auch eine komplizierte Hypothese wahrscheinlich sein kann.

Wird nun, nachdem die Hypothese $(u_1, u_2, \dots u_n)$ so gebildet ist, daß sich $U_1, U_2, \dots U_m$ als Konsequenzen ergeben, eine neue Konsequenz U_l aus $u_1, u_2, \dots u_n$ als richtig erwiesen, so ergibt sich damit zunächst eine Vergrößerung von m um die Zahl eins. Damit wird die Hypothese wahrscheinlicher. Aber unsere Bestätigung hat einen weit größeren Wert für die Hypothese. Daß diese die richtigen Konsequenzen $U_1, U_2, \dots U_m$ ergibt, ist selbstverständlich; denn so sind $u_1, u_2, \dots u_n$ gewählt. Daß aber eine Konsequenz U_l zutrifft, die bei der Bil-

Charakter der Annahmen $u_1, \dots u_n$ an, wie groß die Zahl n noch allenfalls sein darf. Übrigens ist der Charakter, der Wahrscheinlichkeitsgrad der u , zum Teil bedingt durch die Zahl m der gegebenen U . Eine ins einzelne gehende Ausführung aller hier möglichen Beziehungen und eine genaue Aufstellung der Postulate ist zwecklos. Denn die Mannigfaltigkeit und Komplikation der praktisch wichtigen Fälle von Hypothesenbildungen spottet jeder abstrakt schematischen Behandlung.

Die Ausführungen des Textes sollen daher nichts weiter sein, als Verdeutlichungen der allgemeinsten Gesichtspunkte, die für die Beurteilung von Hypothesen maßgebend sein müssen. Daneben können eine Fülle von weiteren Instanzen in Betracht kommen, die sich einer wahrscheinlichkeitsrechnungsmäßigen Behandlung stets entziehen. Es bleibt Aufgabe eines gewissen Taktes, den Wert solcher Instanzen zu wägen. Es ist also nicht unsere Meinung, daß bei der Bildung oder Prüfung einer Hypothese die Wahrscheinlichkeit derselben mathematisch berechnet werden müßte oder auch nur könnte.

Die Unmöglichkeit einer solchen rechnerischen Prüfung verbietet aber nicht, die allgemeinsten Kriterien für die Beurteilung von Hypothesen unter Hinzuziehung von Betrachtungen mathematischen Charakters abzuleiten. Denn diese Kriterien werden unter Voraussetzung vereinfachter Umstände gewonnen, die derartige Betrachtungen ermöglichen.

dung von $u_1, u_2, \dots u_n$ gar nicht in Betracht kam, ist nicht selbstverständlich. U_1 bildet eine Stichprobe, herausgenommen aus den nicht selbstverständlichen Konsequenzen der Hypothese. Ist das Resultat einer oder gar mehrerer solcher Stichproben günstig, so werden wir mit sehr schnell wachsender Wahrscheinlichkeit annehmen müssen, daß alle Konsequenzen U , welche nicht unter den $U_1, U_2, \dots U_m$ sich befinden, ebenso richtig sein werden, als diese. Sind aber alle möglichen Konsequenzen richtig, so sind auch die $u_1, u_2, \dots u_n$ richtig, das heißt die Hypothese ist zutreffend.

Derartige Stichproben, Bestätigungen von Konsequenzen, die nicht bei der Bildung der Hypothese mit berücksichtigt waren, heißen Verifikationen¹⁾. Es ist klar, daß die Verifikationen den Wert von Hypothesen ganz ungemein erhöhen. Um die Bedeutung von Verifikationen ins rechte Licht zu setzen, wollen wir uns den Fall einer solchen an einem Beispiel²⁾ klar machen. Es mögen zwei bewiesene Urteile, U_1 und U_2 , vorliegen, die die Bildung einer Hypothese veranlassen, welche ihrerseits aus vier Urteilen, zwei richtigen, u_1 und u_2 , und zwei falschen, u_3 und u_4 , bestehen mag. U_1 möge eine Konsequenz aus u_1 und u_2 sein, U_2 aus u_3 und u_4 . Dann werden sich (natürlich kommt der Inhalt der Urteile mit in Betracht) vielleicht aus u_1, u_2, u_3, u_4 außer U_1 und U_2 noch ebensoviele richtige wie falsche Konsequenzen ziehen lassen. (Wahrscheinlich wird die Zahl der falschen Konsequenzen

¹⁾ Leider ist auch hier der Sprachgebrauch nicht fest. Oft werden nicht nur diese Bestätigungen von bisher ungeprüften Konsequenzen, sondern vornehmlich Beweise von Hypothesen als Verifikationen bezeichnet. Comte (Cours de Phil. pos. Vol. II) neigt zu diesem Sprachgebrauch. Wir halten es für zweckmäßig, Beweis und Verifikation auseinander zu halten. Werden beide Bezeichnungen nicht getrennt, so liegt immer die Gefahr vor, daß auch die Begriffe nicht reinlich geschieden werden.

²⁾ Von dem fingierten Beispiel möge man nicht mehr erwarten, als es leisten kann. Es soll nur die große Bedeutung von Verifikationen zeigen. Es soll nicht einen Fall von Hypothesenbildung wiedergeben, wie er sich im wissenschaftlichen Leben wirklich abzuspielen pflegt. Wie in der Anmerkung zu S. 24 schon betont wurde, ist die rechnermäßige Ausführung der Feststellung von Wahrscheinlichkeitswerten nicht möglich bei den wirklichen Hypothesen. Unser Beispiel ist also, wie die vereinfachenden Fiktionen der Physik, als Veranschaulichungsmittel zu betrachten.

überwiegen; denn von den möglichen richtigen Konsequenzen sind schon zwei, von den falschen aber ist noch keine fortgenommen.) Die Wahrscheinlichkeit, bei einer möglichen Verifikation eine der vorhandenen falschen Konsequenzen zu treffen, ist also $\frac{1}{2}$. Hätte ich aber doch eine richtige Konsequenz getroffen, so wäre dadurch die Zahl der noch übrig bleibenden richtigen Konsequenzen noch verringert worden. Die Wahrscheinlichkeit, bei abermaliger Verifikation eine richtige Konsequenz zu treffen, wäre demnach kleiner als $\frac{1}{2}$. Die Wahrscheinlichkeit, bei zwei Verifikationen trotz der beiden falschen Annahmen u_3 und u_4 richtige Konsequenzen zu treffen, ist demnach kleiner als $\frac{1}{4}$. Ist also die Hypothese, die nur zwei bewiesenen Wahrheiten zu Liebe vier Annahmen ansetzte, auch nur halb falsch, so ist es schon recht unwahrscheinlich, daß uns diese Fehler bei nur zwei Verifikationen verborgen bleiben. Eine Hypothese aber, die auf Grund von nur zwei bewiesenen Wahrheiten zu vier Annahmen greift, ist verhältnismäßig ungünstig gestellt.

Wir haben nicht die Wahrscheinlichkeit der Hypothese selbst berechnet, sondern die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine Falschheit derselben unentdeckt bleibt, falls sie wirklich vorliegen sollte. Daß aber die Hypothese überhaupt falsche Annahmen enthält, ist wiederum nur in bestimmtem Grade wahrscheinlich. Diese Wahrscheinlichkeit dafür, daß unsere Hypothese zur Hälfte falsch sei, möge wieder etwa $\frac{1}{2}$ betragen. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine solche Hypothese, wie die vorliegende ($n = 4$, $m = 2$, Zahl der Verifikationen = 2), falsch ist und daß ihre Fehlerhaftigkeit doch nicht entdeckt wird bei den beiden Verifikationen, ist demnach kleiner als $\frac{1}{8}$.

Das Beispiel zeigt deutlich den großen Wert von Verifikationen. Ist eine Hypothese ganz oder teilweise unrichtig, so wächst die Unwahrscheinlichkeit, daß diese Unrichtigkeit unentdeckt bleibt, sehr schnell mit der Zahl der erprobten Konsequenzen. Dabei müssen diese Konsequenzen voneinander unabhängig sein, und ebenso nicht direkt aus den bewiesenen Wahrheiten ableitbar sein, auf Grund deren die Hypothese gebildet wurde, wenn sie den angedeuteten Wert besitzen sollen. Anderenfalls erhöhen sie die Wahrscheinlichkeit der Hypothese nicht. Die Bestätigungen von Konsequenzen, die auch direkt aus Tat-

sachen sich ergeben, und vielleicht durch eine auf diese gegründete Hypothese nur eher die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, sind oft als Verifikationen hingenommen worden. Daß Hypothesen trotz zahlreicher scheinbarer Verifikationen gefallen sind, liegt daher sehr oft daran, daß Konsequenzen, die direkt aus den Tatsachen folgten, erst durch Vermittlung der Hypothese entdeckt wurden, und daher den Anschein von Verifikationen erweckten. So wurden die Fluidatheorien der Wärme und Elektrizität anscheinend sehr oft verifiziert. In Wirklichkeit handelte es sich nur um die Bestätigung von Folgerungen, die sich auch direkt aus den der Hypothese zugrunde liegenden Erscheinungen ziehen lassen. Man schrieb den Wärme- und elektrischen Flüssigkeiten die beobachteten Eigenschaften der Wärme und Elektrizität zu; daher ist es nicht erstaunlich, daß sich richtige Folgerungen ergaben, weil diese aus den beobachteten Phänomenen abgeleitet waren, die auf jene Fluida übertragen wurden. Es handelte sich nur um scheinbare Verifikationen. Echte Verifikationen müssen auf Grund der eigentlich hypothetischen Annahmen einer Hypothese ableitbar sein, und nicht direkt aus den beobachteten Erscheinungen folgen, die vielleicht mit in die Hypothese hingenommen worden sind. Wenn auf historische Fälle hingewiesen wird, in denen Hypothesen trotz zahlreicher Verifikationen später als unzutreffend abgelehnt wurden, so handelt es sich meist nur um scheinbare Verifikationen in dem ausgeführten Sinne. Derartige Fälle dürfen nicht als Instanzen angesehen werden, die den Wert von echten Verifikationen herabsetzen¹⁾.

Die Bedeutung der Verifikationen für den Wahrscheinlichkeitsgrad von Hypothesen hat Veranlassung gegeben zu einer bemerkenswerten Maxime in bezug auf die Bildung derselben. Die Maxime verlangt, man solle nur Hypothesen bilden, die Verifikationen zulassen. Sie ist formuliert worden in Comtes „Théorie fondamentale des hypothèses“²⁾. Comte sieht in der Hypothese ein mächtiges Hilfsmittel der Wissenschaft. Aber eine Bedingung erscheint ihm unerläßlich. „Cette condition,

¹⁾ Diese Bemerkung ist z. B. Stallo gegenüber zu berücksichtigen. A. a. O. S. 111. Man vergleiche auch die Bedenken J. St. Mills gegen die Verifikationen. Logik, Buch III, Kapitel XIV, § 6.

²⁾ Cours de Phil. pos. Vol. II, S. 336—353.

jusqu'ici vaguement analysée, consiste à ne jamais imaginer que des hypothèses susceptibles, par leur nature, d'une vérification positive, plus ou moins éloignée, mais toujours clairement inévitable, et dont le degré de précision soit exactement en harmonie avec celui que comporte l'étude des phénomènes correspondants¹⁾).

Zu diesem Postulat haben wir ähnliche Bemerkungen hinzuzufügen, wie sie zu dem besprochenen Postulat der Einfachheit zu machen waren. Auch dieses neue Postulat ist nur sekundärer Natur gegenüber dem entscheidenden der Wahrscheinlichkeit. Hat eine Hypothese Aussicht auf Verifikationen, so ist das gewiß erfreulich; ist sie aber auch ohne Verifikationen ziemlich wahrscheinlich, so hat sie eben dadurch schon ein Daseinsrecht. Überdies ist Comte gegenüber zu fragen, was es heißen solle, eine Hypothese lasse „ihrer Natur nach“ Verifikationen zu oder nicht. Es gibt Hypothesen, bei denen der Weg zur Verifikation sofort bei ihrer Bildung in die Augen fällt, und andere, bei denen ein solcher Weg zunächst nicht zu finden ist. Aber die Behauptung, eine Hypothese lasse ihrer Natur nach keine Verifikation zu, muß in vielen Fällen bedenklich erscheinen. Es ist sehr oft unmöglich, bei der Erfindung einer Hypothese Gewißheit darüber zu erlangen, ob Mittel zu ihrer Verifikation sich einmal ergeben werden.

Comte ist auf die Aussage, eine Hypothese müsse ihrer Natur nach Verifikationen ermöglichen, wenn sie Wert haben solle, gekommen, weil er bei Verifikationen mehr an Beweise denkt. Bei unserer Betrachtung hat sich ergeben, daß die Verifikationen im angeführten Sinne zwar sehr geeignet sind, die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese zu steigern; aber bewiesen wird diese durch sie doch nur in besonderen, leicht erkennbaren Fällen. Comte denkt bei Verifikationen in den zitierten Ausführungen eigentlich mehr an Beweise. Nach seiner Überzeugung dürfen keine Hypothesen gebildet werden, die nicht ihrer Natur nach später einmal zu bewiesenen Wahrheiten werden können. „En d'autres termes, les hypothèses vraiment philosophiques doivent constamment présenter le caractère de simples antici-

¹⁾ S. 337.

pations sur ce que l'expérience et le raisonnement auraient pu dévoiler immédiatement, si les circonstances du problème eussent été plus favorables¹⁾).

Gegen eine derartig enge Auffassung der Hypothesen legt die Geschichte der Wissenschaft einen entschiedenen Protest ein. Überall, wo der menschliche Geist Gewißheit nicht erlangen konnte, hat er in der Erreichung möglichst hoher Wahrscheinlichkeit intellektuelle Befriedigung gesucht. Und die Wahrscheinlichkeit erscheint nicht nur deshalb wertvoll, weil sie vielleicht einmal der Gewißheit Platz machen wird. Die Wahrscheinlichkeit hat im praktischen Leben und in der Wissenschaft an sich einen Wert. Wo eine hohe Wahrscheinlichkeit erreichbar ist, dürfte kein denkender Mensch auf diese verzichten, weil sie vielleicht nie einer Gewißheit Platz machen wird. Eine Hypothese ist durchaus nicht darum eine willkürliche Annahme, weil sie ihrer Natur nach unbeweisbar scheint, wie Comte meint [S. 338]. Sie ist deshalb nicht willkürlich, weil sie so gebildet sein muß, daß der höchste erreichbare Grad von Wahrscheinlichkeit erlangt wird. Gewiß sind diese Wahrscheinlichkeitsgrade bei den wirklichen Hypothesen des wissenschaftlichen Lebens nicht mathematisch feststellbar; deshalb bleibt aber doch in zahlreichen und wichtigen Fällen die Möglichkeit, zu entscheiden, welche von einer Reihe von möglichen Hypothesen den Vorzug der größten Wahrscheinlichkeit hat. Die Tatsache, daß dies nicht in allen Fällen mit Sicherheit geschehen kann, ändert daran nichts.

Ebenso wenig, wie stets mit Sicherheit entschieden werden kann, ob eine etwa zu bildende Hypothese Verifikationen ermöglicht, ist in allen Fällen auszumachen, ob sie einmal beweisbar oder widerlegbar wird. Gegen den Ausdruck „ihrer Natur nach“ sind an dieser Stelle die Bedenken also zu erneuern. Die Molekulartheorie erscheint dem einen Forscher unbeweisbar, weil die Moleküle „ihrer Natur nach“ nicht wahrgenommen werden können. Jener dagegen hat die Hoffnung nicht aufgegeben, daß die Molekel einst einzeln sichtbar gemacht werden können, etwa nach der Art, wie ultramikroskopisch kleine suspendierte Teilchen trüber Lösungen als einzelne glänzende Pünktchen wahrnehmbar

¹⁾ S. 337—338.

zu machen sind. Wer soll entscheiden, wem die Zukunft Recht geben wird? Wie vieles ist nicht bewiesen, wahrnehmbar gemacht worden, was für stets der Gewißheit sich zu entziehen schien! Die Luft erscheint dem einfachen Menschen zunächst als das Nichts, dann wenigstens als unsichtbar, und doch können die feinen Bewegungen derselben, die einen leisen Ton ergeben, sichtbar gemacht werden. Die Aussage, etwas sei „seiner Natur nach“ unbeweisbar, ist zu absolut, zu wenig empiristisch gedacht, um in Comtes Gedankenbau zu passen. Gewiß ist es schön, wenn wir bei der Formation einer Hypothese finden, daß eine sichere Entscheidung über die Richtigkeit derselben gewonnen werden kann; aber in allen anderen Fällen der Vernunft verbieten zu wollen, wenigstens eine Wahrscheinlichkeit zu erobern, ist ein engherziger Radikalismus, dem sich das Denken nie unterworfen hat und nie unterwerfen wird.

Auf dem Standpunkte Comtes finden wir Ostwald. Er bezeichnet Annahmen (oder Komplexe von solchen), die Comtes Ansprüchen an eine Hypothese genügen, als Protothesen. Sie werden scharf von den anderen Hypothesen getrennt. Die Konstruktion von Hypothesen, die nie bewiesen werden können (als typisches Beispiel gilt Ostwald die Atomtheorie¹⁾), wird auf das schärfste kritisiert. Ihre Bildung ist höchstens „insofern ein berechtigtes Verfahren, als die Krücke ein berechtigtes Bewegungsmittel ist: für den, der nicht anders zu gehen versteht“²⁾. Ostwald glaubt ohne diese Krücke gehen zu können, ein Buch über Naturphilosophie schreiben zu können, ohne eine Hypothese machen zu müssen³⁾. — Ganz anders stehen die Protothesen bei ihm in Achtung. „Daneben gibt es ein völlig legitimes wissenschaftliches Hilfsmittel, welches man als vorläufige Annahme, oder wenn man ein ähnlich klingendes Wort will, als Protothese bezeichnen kann. Eine Protothese stellt man auf, wenn man auf Grund vorhandener, aber noch nicht genügend umfassender Beobachtungen eine bestimmte mathematische Beziehung zwischen den gemessenen Größen, oder eine kausale

¹⁾ Ostwald, Vorlesungen über Naturphilosophie. S. 399.

²⁾ Ebendaselbst. S. 215.

³⁾ Siehe das Zitat S. 7.

zwischen beobachteten Veränderungen annimmt, und nun weitere Versuche dahin richtet, zu prüfen, ob diese Annahme auch die späteren Beobachtungen darstellt oder nicht“ [Ebendasselbst S. 399]. Nach dem, was über Comtes Auffassung gesagt wurde, sind weitere Ausführungen hier unnötig. Nur mag noch erwähnt werden, daß alle auf Grund von Analogie oder unzureichender Induktion gemachten Annahmen, soweit sie prüfbar sind, als Protothesen nach obiger Definition zu bezeichnen wären. Dabei meint Ostwald mit dem Worte prüfbar nicht nur verifizierbar in dem von uns angenommenen Sinne, sondern beweisbar. Verifizierbar ist auch die Atomhypothese; sie ist in der Tat im Laufe der Zeit recht oft verifiziert worden. Aber sie ist nur eine Hypothese, keine Protothese, da sie nicht prüfbar ist, daß heißt nicht als wahr oder falsch bewiesen werden kann. — Daß bei der Entscheidung, ob eine Annahme hypothetischer oder protothetischer Natur sei, immer Meinungsverschiedenheiten sich bilden werden, ist selbstverständlich²⁾; was diesem Forscher noch „prüfbar“ erscheint, wird einem anderen der Entscheidung unzugänglich dünken. Das wird manchem Leser des Ostwaldschen Buches aus eigener Erfahrung bekannt sein. Was dort als prüfbar und darum protothetisch gilt, erscheint ihm vielleicht günstigstenfalls nur „verifizierbar“ und daher hypothetisch — und damit wird nach unserer Auffassung den betreffenden Annahmen selbst noch kein Vorwurf gemacht.

Auch John Stuart Mills Theorie der Hypothesenbildung klingt in vielen Punkten an die Comtesche an. Nur bewährt sich auch hier, wie bei so vielen Problemen, die überlegende Vorsichtigkeit Mills gegenüber dem genialischen Radikalismus des französischen Positivist³⁾. „Eine Hypothese ist eine Voraussetzung, welche wir machen (entweder ohne einen wirklichen, oder bei einem anerkannt unzureichenden Beweise), um Schlüsse daraus abzuleiten, die mit Tatsachen in Überein-

¹⁾ Ebendasselbst. S. 399.

²⁾ Vergl. G. Heymans: Über Erklärungshypothesen usw. Ostwalds Annalen. Bd. I, S. 473 f.

³⁾ J. St. Mill: System der deduktiven und induktiven Logik. 3. Buch, 14. Kap.

stimmung sind, welche wir als real erkannt haben. Wir sind dabei von dem Gedanken geleitet, daß, wenn die Schlüsse, zu denen die Hypothese führt, bekannte Wahrheiten sind, die Hypothese selbst wahr sein muß, oder wenigstens sehr wahrscheinlich wahr sein wird“¹⁾. „Da eine Hypothese eine bloße Voraussetzung ist, so gibt es für Hypothesen keine anderen Grenzen, als die Gesetze der menschlichen Einbildungskraft...“ [S. 11]. Diese sehr weite Auffassung wird aber bald in Comtes Sinne beschränkt. „Es scheint (!) demnach eine Bedingung einer wahrhaft wissenschaftlichen Hypothese zu sein, daß sie nicht dazu bestimmt sei, immer eine Hypothese zu bleiben, sondern daß sie der Art sei, daß sie durch die Verifikation genannte Vergleichung mit bekannten Tatsachen entweder bewiesen oder widerlegt werde“ [S. 16]. Es ist „unerläßlich, wie Herr Comte richtig bemerkt, daß die in der Hypothese angegebene Ursache ihrer eigenen Natur nach fähig sei, durch einen andern Beweis bewiesen zu werden“ [S. 17]. Handelt es sich um ein aus dem Leben gegriffenes Beispiel, so will Mill doch den letzten Schritt mit Comte nicht tun. Bei der Besprechung der Undulations- und Äthertheorie des Lichtes heißt es: „Nichtsdestoweniger kann ich Herrn Comte nicht zustimmen, wenn er diejenigen tadelt, welche die Anwendung dieser Hypothesen auf die Erklärung festgestellter Tatsachen ins einzelne ausarbeiten, vorausgesetzt man vergesse nicht, daß man höchstens beweisen kann, nicht daß die Hypothese wahr ist, sondern sein kann“ [S. 27—28]. Die Ätherhypothese ist „nur eine wahrscheinliche Vermutung, nicht aber eine bewiesene Wahrheit...“ [S. 28]. Hier läßt Mill eine „wahrscheinliche Vermutung“ gelten, die Comte, als unbeweisbar, ablehnen zu müssen glaubte. Hofft Mill auf einen Beweis? Zuweilen klingt es fast so [S. 28]. Dann zeigt der Fall deutlich, wie wenig von vornherein ausgemacht werden kann, ob eine Hypothese „ihrer Natur nach“ dem Beweise zugänglich ist. Comte glaubt es bei der Äthertheorie nicht annehmen zu sollen; Mill scheint auf einen Beweis zu hoffen.

Was Mill verhindert, die Wahrscheinlichkeit von Hypothesen

¹⁾ Übersetzung von J. Schiel, 4. deutsche, nach der 8. des Originals erweiterte Auflage (1877). Bd. II, S. 10.

als ein erstrebenswertes Ziel für sich vollauf zu würdigen, ist seine Auffassung vom Wesen der Logik. Nach ihm hat es die Logik vornehmlich mit dem Beweise zu tun¹⁾. Daher untersucht er im Kapitel über die Hypothesen in erster Linie die Frage, wie diese beweisbar sind²⁾. Die Antwort lautet, daß „durch den Nachweis, daß keine andere Hypothese mit den Tatsachen übereinstimmt“, die Hypothese „zu einer induktiven Wahrheit“ wird [S. 13]. Bei der Millischen Fragestellung versteht sich von selbst, daß die Hypothese als beweisbar anzunehmen ist; denn sonst kann nicht untersucht werden, wie dies geschehen soll. So kommt Mill nicht zu einer angemessenen Schätzung des Wertes von Hypothesen auf Grund ihrer Wahrscheinlichkeit, abgesehen davon, ob sie beweisbar sind oder nicht. Tritt ein konkreter Fall an ihn heran, so bestimmt ihn sein wissenschaftliches Taktgefühl, auch den nicht strikte beweisbaren Hypothesen einigermmaßen gerecht zu werden.

Neben den angedeuteten Anforderungen, die an Hypothesen gestellt zu werden pflegen, ist noch eine nicht geringe Zahl weiterer Postulate erhoben worden. Besonders die englische Logik ist reich an Ausführungen zu unserem Gegenstande. Da indessen bei diesen Ausführungen meist besondere Gesichtspunkte hinzukommen, etwa der Unterschied „geheimer“ und „phänomenaler“ Ursachen³⁾, kann in dieser allgemein zu haltenden Betrachtung auf sie noch nicht eingegangen werden. Einiges wird sich bei späterer Gelegenheit nachholen lassen.

¹⁾ „The proper subject, however, of Logic is Proof.“ Logik, Book II, Chapter I, § 1. Ähnlich: Introduction § 4 und 5, B. I, Ch. VI, § 1, B. III, Ch. IX, § 6.

²⁾ Man vergleiche z. B. auch B. III, Ch. IX, § 6: The great generalisations which begin as Hypotheses must end by being proved, and are in reality (as will be shown hereafter) proved, by the Four Methods. Now it is with Proof, as such, that Logic is principally concerned.

³⁾ Man wird hierbei an den nicht ganz klaren Begriff der vera causa bei Newton denken. Energisch stellt Comte die Forderung auf, daß alle hypothetischen Ursachen phänomenaler Natur sein müssen. Auch Mill ist wieder zu nennen.

Es muß übrigens erwähnt werden, daß der Begriff des Phänomenalen bei der Erörterung dieser Frage keineswegs immer scharf und sicher gefaßt worden ist. Es macht einen großen Unterschied, ob man an mögliche oder nur an wirkliche Phänomene denkt.

Die Frage nach der Zulässigkeit nicht phänomenaler Ursachen kann in der Tat von uns erst erörtert werden, nachdem das Problem des Nichtphänomenalen im allgemeinen einer Untersuchung unterzogen worden ist. Das wird unsere nächste Aufgabe sein.

Zunächst mag der Kern der vorhergehenden Betrachtung noch einmal hervorgehoben werden: Das ursprünglich für den Wert oder Unwert einer Hypothese entscheidende ist die Wahrscheinlichkeit. Von besonderer Bedeutung für die Feststellung und Erhöhung derselben sind echte Verifikationen. Alle übrigen Postulate über Hypothesenbildung sind nur sekundärer, abgeleiteter Natur gegenüber diesem einen: eine Hypothese soll so wahrscheinlich sein als möglich.

Die Frage nach der Berechtigung der Hypothesen, auch wenn sie wenig oder keine Hoffnung auf eine beweisende Entscheidung zulassen, fällt zusammen mit der Frage nach der Berechtigung der Wahrscheinlichkeit an sich in der Wissenschaft überhaupt. Hat die Wahrscheinlichkeit an sich einen wissenschaftlichen Wert, oder ist sie nur insoweit bedeutungsvoll, als sie Hoffnung zuläßt, einmal der Wahrheit, der sicheren Entscheidung Platz zu machen? Mich dünkt, die Frage ist zu beantworten wie eine andere: Hat eine Abschlagszahlung nur einen Wert, sofern zu hoffen ist, daß einmal die ganze Schuld beglichen wird, oder soll man sie auch anderenfalls nicht verachten? Wohl selten wird sich im Erwerbsleben ein so temperamentvoller Mensch finden, der „alles oder nichts“ sagen würde. Warum sollte die Wissenschaft weniger nüchtern verfahren? Ich glaube, Selbstbesinnung und Geschichte der Forschung, vor allem auch der physikalischen, lehren, daß die Abschlagszahlung der Wahrscheinlichkeit auch dann nicht verachtet werden darf, wenn jede Aussicht auf den Erwerb der Wahrheit selbst abgeschnitten scheint. Ist ein Denker zu stolz, mit der Wahrscheinlichkeit vorlieb zu nehmen, wo die Wahrheit unerreichbar scheint, so bleibt das Sache seines persönlichen Beliebens. Nur dürfte sich leicht zeigen lassen — und das folgende mag zum Teil als Beweis dafür aufgefaßt werden —, daß mindestens der größte Teil dessen, was unter der anspruchsvollen Bezeichnung Wahrheit aufzutreten pfllegt, nichts ist als hohe Wahrscheinlichkeit.

III. Kritik der Hypothese von der Erkennbarkeit und der Realität der Außenwelt.

Die für die Beurteilung von Hypothesen gewonnenen Gesichtspunkte wollen wir in den folgenden Abschnitten anwenden auf die Hypothese der Einzelwissenschaften *par excellence*, d. h. auf die Annahme der Existenz einer von der Wahrnehmung unabhängigen, mehr oder weniger erkennbaren Außenwelt. Der naive Mensch wie der einzelwissenschaftliche Forscher nehmen in gleicher Weise an, daß die Gegenstände der Außenwelt, die körperlichen Dinge, nicht nur dann sind, wenn ein wahrnehmendes Wesen sie sieht, tastet, hört usw. Die Wahrnehmungen sind nach der Ansicht des schlichten Menschenverstandes nur etwas, was sich ereignet, wenn ein körperliches Ding in bestimmte Beziehungen, nämlich in Wahrnehmungsbedingungen zu einem wahrnehmungsfähigen Wesen gelangt. Der Körper selbst ist von dem Wahrgenommenwerden völlig unabhängig; die Wahrnehmung ist aber von dem Dinge der Außenwelt abhängig. Sie kommt nur zustande, wenn ein körperlicher Gegenstand sich in nicht zu großer Entfernung von unserem Körper befindet, in unserem Gesichtsfelde ist usw.

Das wissenschaftliche Denken faßt das Bedingtsein der Wahrnehmung durch die Gegenstände der Außenwelt auf als ein Verursachtsein. Für eine von erkenntnistheoretischen Meinungen nicht angefochtene Psychologie ergeben sich die Sinneswahrnehmungen als Wirkungen von Vorgängen, die sich in der Außenwelt abspielen, den Reizen. Der wahrgenommene Körper verursacht die Wahrnehmung als Wirkung.

Solange die Überzeugung herrscht, daß die Wirkung der Ursache im Grunde gleich oder sicherlich doch ähnlich sein

muß¹⁾, ist diese Auffassung der Wahrnehmung als einer Wirkung der Außenwelt vereinbar mit der Ansicht, daß die Wahrnehmung der verursachenden Außenwelt gleich oder ähnlich sei. Allerdings liegt doch schon eine Variation der naiven Auffassung vor, soweit von einer solchen überhaupt gesprochen werden darf. Der naiven Überzeugung gilt das Rot der Rose, welches ich sehe, als identisch mit dem Rot, das die Rose selbst hat. Es existiert für sie nur das eine Rot, und dies sehe ich gelegentlich²⁾. Die Außenwelt und die Wahrnehmung derselben sind inhaltlich und numerisch identisch, kann man sagen. Wird aber die Wahrnehmung als Wirkung der Außenwelt aufgefaßt, so tritt an Stelle dieser auch numerischen Identität von Außenwelt und

¹⁾ Die Annahme, daß Ursache und Wirkung gleich oder doch ähnlich sein müßten, deckt sich natürlich nicht immer mit der andern, nach der aus der Ursache die Wirkung und aus der Wirkung die Ursache analytisch-rational ableitbar ist. Beide Annahmen sind von großem Einfluß gewesen und oft zusammengefallen. So muß z. B. bei Aristoteles der geformte Stoff der Form, die Wirkung der Formursache gleichen und aus ihr mehr oder weniger ableitbar sein. Der Satz, daß Bewegung nur Bewegung bewirken könne, nimmt auch an, daß in diesem Falle die Wirkung der Ursache gleicht.

Nicht erst auf wissenschaftlichem Boden, sondern schon in dem naivsten Volksglauben finden wir die Überzeugung, daß die Wirkung der Ursache gleichen, ähnlich sein müsse. In der Volksmedizin spielt diese Annahme ihre Rolle. Belege hierfür findet man z. B. bei Mach, Wärmelehre, S. 433. Wie die Überzeugung der Gleichheit oder Ähnlichkeit von Ursache und Wirkung entstehen konnte, ist leicht ersichtlich. Feuer bewirkt Feuer usw. Dazu kommt die Verwandtschaft von Wirkung und Erzeugung. Die Wirkung gleicht der Ursache, wie das Kind dem Vater.

Schon die Beispiele der Bewegung und des Feuers zeigen, daß in der Annahme einer gewissen Ähnlichkeit oder Übereinstimmung von Ursache und Wirkung ein richtiger Kern steckt. Die Münze gleicht auch der Matrize. Natürlich bleibt dabei der Kausalzusammenhang durchaus synthetisch. Damit wird aber der Ursache nicht jede Übereinstimmung mit der Wirkung zu nehmen sein. Ein dreifaches Streichen eines Bleistiftes über Papier ruft drei Striche hervor. Derartige Übereinstimmungen sind, wie im folgenden zu zeigen ist, wichtig für die Frage nach der Erkennbarkeit der Außenwelt.

²⁾ Es ist nicht ganz einfach, die Auffassung des gemeinen Menschenverstandes festzustellen. Durch die notwendigen Fragestellungen wird der unbefangene Standpunkt leicht schon gestört und eine Reflexion über das Außenweltsproblem herbeigeführt, die zu Umdeutungen führen kann.

Soviel scheint mir aber sicher, daß der unbefangene Mann aus dem Volke die Wahrnehmungen der Farbe, der Wärme, der Glätte, der Rauhig-

Wahrnehmung derselben eine nur inhaltliche Gleichheit oder Ähnlichkeit. Das Rot, welches ich sehe, ist nicht mehr das Rot der Rose selbst, sondern eine Wirkung der roten Farbe der Rose, die zwar dieser Farbe als ihrer Ursache gleich oder ähnlich, aber nicht mit ihr numerisch identisch ist. Die Wahrnehmung ist ein Abbild des wahrgenommenen Gegenstandes, das diesem inhaltlich gleich oder doch ähnlich ist. An Stelle der Einheit der Farbe in körperlichem Gegenstand und Wahrnehmung tritt eine Zweiheit von Farbe am Körper und gesehener Farbe.

Diese erste wissenschaftliche Modifikation der kaum einmal zum vollen Bewußtsein gelangenden naivsten Ansicht bedeutet einen beträchtlichen Fortschritt. Die Überzeugung, daß das Rot der Rose und das Rot, welches ich sehe, ein und dasselbe seien, kann leicht widerlegt werden. Sehen zwei Menschen gleichzeitig dieselbe Rose, der eine direkt, der andere durch ein trübes Glas, so sind die beiden roten Farben, die gesehen werden, nicht einmal inhaltsgleich, also auch nicht numerisch identisch. Sind die beiden gesehenen roten Farben nicht miteinander identisch, so können sie auch nicht numerisch identisch sein mit dem Rot der Rose selbst. Die numerische und inhaltliche Identität von Wahrnehmung und wahrgenommenem Gegenstand der Außenwelt ist unmöglich, weil zwei Wahrnehmungen desselben Gegenstandes, auch wenn sie gleichzeitig erfolgen, nicht inhaltlich und daher auch nicht numerisch identisch untereinander zu sein brauchen. Sind sie aber untereinander nicht identisch, so können sie auch nicht beide mit einem dritten, dem Gegenstande der Außenwelt, identisch sein. Diese Schwierigkeit ist durch den zweiten Stand-

keit, des Geruchs, des Geschmacks, auch des Tones, selten als Wirkung einer Außenwelt auffaßt. Er meint vielmehr in diesen Wahrnehmungen direkt die Eigenschaften der Außenwelt selbst zu erfassen. Das Rot, das er sieht, ist das Rot der Rose selbst, nicht eine Wirkung des letzteren.

Hier ist aber doch eine Einschränkung zu machen. Erhält jemand einen kräftigen Stoß, so wird der dadurch hervorgerufene Gesamtbewußtseinszustand als Wirkung, als subjektiv aufgefaßt. Sobald Gefühle mit den Wahrnehmungen verbunden sind, kommt der Gedanke, daß Wirkungen der Außenwelt vorliegen. Darin zeigt sich, daß die Gefühle den subjektiven Charakter tragen gegenüber den Empfindungen. Das Gefühl wird sofort auf den eigenen Zustand bezogen und daher als eine Wirkung der Außenwelt auf das Subjekt aufgefaßt.

punkt beseitigt, der in der Wahrnehmung eine Wirkung der Dinge der Außenwelt sieht. Eine Wirkung ist ja stets bedingt durch mehrere Umstände, durch eine Vielheit von Ursachen. Wenn sich mehrere Wahrnehmungen desselben Gegenstandes der Außenwelt gleichen oder ähnlich sind, so kann das Gleiche, Übereinstimmende in den verschiedenen Wahrnehmungen durch den einen Gegenstand der Außenwelt verursacht sein, das Abweichende in ihnen aber auf die daneben noch mitwirkenden Ursachen zurückgeführt werden. Wenn eine rote Rose bei mehreren Wahrnehmungen verschieden rot gesehen wird, so mag die Verschiedenheit des gesehenen Rot durch die Verschiedenheit anderer Wahrnehmungsumstände bedingt sein. Daß aber die Rose bei den verschiedenen Wahrnehmungen immerhin doch jedesmal rot gesehen wird, wäre darauf zurückzuführen, daß in diesem Punkte die Wirkung von der roten Farbe des Gegenstandes verursacht ist, und daher mit dieser Ursache übereinstimmen, ihr gleichen muß. Es wäre also alles dasjenige dem wahrgenommenen Gegenstande zuzuschreiben, was in wiederholten Wahrnehmungen des Gegenstandes übereinstimmend ist. Ein Körper, der bei wiederholten Berührungen kalt erscheint, ist kalt; ein Ding, das bei wiederholten optischen Wahrnehmungen blau erscheint, ist in Wirklichkeit, als Gegenstand der Außenwelt, blau¹⁾.

Indessen treten bei einer genaueren Anwendung des soeben ausgesprochenen Prinzips neue Schwierigkeiten auf. Ich komme aus einem heißen Zimmer und betaste mit allen Fingern einen Körper. An allen Fingern haben ich Wahrnehmungen der Kälte.

¹⁾ Wenn im folgenden das hier angegebene Kriterium verworfen, als unrichtig erwiesen wird, so wolle man das nicht mißverstehen. Es ist nur falsch, wenn man das in mehrfachen Wahrnehmungen Übereinstimmende auf die Außenwelt überträgt. Wird die Übereinstimmung bei wiederholter Wahrnehmung als Kriterium dafür aufgefaßt, was einem Gegenstande des Denkens überhaupt zuzuschreiben ist, so soll dagegen selbstverständlich nichts eingewandt werden. Habe ich den Schnee in allen Wahrnehmungen übereinstimmend weiß erblickt, so darf ich selbstverständlich den Schnee weiß nennen. Nur ist das Weiß dem Schnee natürlich nicht zuzuschreiben, sofern dieser etwa unabhängig von der Wahrnehmung, in der Außenwelt existiert. Über das Kriterium vergleiche man: B. Erdmann, Logik. Bd. I, S. 272—273. 2. Aufl., S. 376 f. (Halle 1907).

Nach unserem Grundsatz muß ich also dem Körper Kälte zuschreiben, d. h. etwas, was meiner Wahrnehmung Kälte gleicht oder ähnlich ist. Habe ich aber vor der Berührung des Körpers die eine Hand in heißes, die andere in sehr kaltes Wasser getaucht, so nehme ich mit der ersteren Kälte, mit der letzteren Wärme bei der Berührung wahr. Ich kann die Berührung mit verschiedenen Fingern der einen und der anderen Hand vornehmen und so mehrere Kälte- und mehrere Wärmewahrnehmungen erhalten. Soll ich nun Kälte oder Wärme dem Körper zuschreiben? Beide Wahrnehmungen sind wiederholt zu machen. Sowohl Wärme als auch Kälte müßten also dem Gegenstande der Außenwelt zukommen. Eine rote Rose gibt direkt rote Gesichtswahrnehmungen durch weißes und rotes Glas gesehen, graue oder doch wenig farbige durch gelbes, grünes, blaues gesehen. Ist also die Rose selbst an derselben Stelle rot und grau, d. h. so rot und so grau, wie unsere Empfindungen Rot und Grau? Für unsere Wahrnehmung ist eine Fläche, die rot ist, nie zugleich grau. Wir können uns auch nicht vorstellen, daß etwas, eine Rose, an derselben Stelle zugleich rot und grau sei, ebensowenig, daß ein Körper zugleich warm und kalt sei.

Nicht bei allem, was wir den Gegenständen der Außenwelt zuschreiben, kommen wir in gleiche Verlegenheiten. Ein ausgedehnter Körper erscheint nicht bei Gelegenheit einmal zugleich nicht ausgedehnt. Die Ausdehnung kann zu- und abnehmen, aber nicht verschwinden, ohne daß der Körper überhaupt aus der Wahrnehmung verschwindet¹⁾.

Auch ist die Ausdehnung durch die Bedingungen der Wahrnehmung nicht so in ein konträres Gegenteil umkehrbar, wie das bei Wärme und Kälte der Fall war. Es besteht hier, wie es scheint, ein Unterschied, der eine genauere Untersuchung erheischt.

Zu dem zweiten Standpunkt waren wir gelangt, indem wir

¹⁾ Ob das nur mit Einschränkungen gesagt werden darf, soll hier nicht untersucht werden. Es wäre zu fragen, ob etwa im Augenblicke des Verschwindens aus der Gesichtswahrnehmung durch wachsende Entfernung eine Empfindung ohne Ausdehnung anzunehmen ist. Siehe D. Hume, Traktat über d. menschl. Nat. Bd. I, Teil II, Abschnitt 1. Übers. von Köttgen & Lipps. S. 42 (1895).

voraussetzten, daß die Wirkung der Ursache gleichen oder ähnlich sein müsse. Die Voraussetzung ist durch Humes und Kants Untersuchungen als irrig erwiesen worden. Die Wirkung braucht der Ursache durchaus nicht zu gleichen oder ihr ähnlich zu sein. Dasjenige an einem Gegenstande der Außenwelt, was die Wahrnehmung der roten Farbe, der Wärme bewirkt, braucht nicht selbst dieser Rot- oder Wärmewahrnehmung zu gleichen. Es kann etwas ganz anderes sein. Es ist gar kein Grund zu der Annahme einer Gleichheit oder Ähnlichkeit zwischen der Ursache der roten Farbe in der Außenwelt und der Wahrnehmung Rot vorhanden. Eine solche Übereinstimmung müßte uns daher als völlig „zufällig“ erscheinen.

Zu dem gleichen Resultat führt auch eine genauere Untersuchung der kausalen Vorgänge bei der Wahrnehmung. Wenn ich einen kalten Körper betaste, so wirkt dieser Körper auf meine Haut und damit auf meine Nerven. Das, was sich nun im Nerv als Wirkung abspielt, ist schon etwas ganz anderes als die Eigenschaft des Dinges, die sie hervorrief. Die Wirkung pflanzt sich fort vom peripheren Nervenende bis zur Großhirnrinde, d. h. es spielt sich ein sehr komplizierter Zusammenhang von Ursachen und Wirkungen ab. Dem Vorgang in der Großhirnrinde entspricht die Wahrnehmung „Kälte“. Man weiß nicht einmal, ob dies „Entsprechen“ von Wahrnehmung und Großhirnrindenvorgang als ein kausaler Zusammenhang aufzufassen ist; weiß man doch nicht einmal, ob die Wahrnehmung nach, gleichzeitig mit oder — so paradox es klingen mag — vor dem Rindenvorgang zustande kommt. Wir brauchen hier die Frage nach Parallelismus, Wechselwirkung oder irgendeiner sonstigen Hypothese nicht zu untersuchen. Soviel ist jedenfalls klar, daß die direkte Wirkung eines körperlichen Dinges die Wahrnehmung desselben nicht ist. Wem sollte nun diese Wahrnehmung der Kälte etwa gleich sein? Sicherlich nicht dem, was den Nervenreiz bewirkt. Denn es müßte uns als ungeheurer Zufall erscheinen, daß nach einer so langen Reihe von kausalen oder anderen Zusammenhängen in der Wahrnehmung, dem Endglied, wieder etwas zustande käme, was dem Anfangsglied gleich oder ähnlich wäre.

Es ergibt sich überdies sicher, daß dieser Zufall nicht immer



besteht. Der Wahrnehmungsvorgang hängt — einerlei wie — mit dem Großhirnrindenvorgang und damit sekundär mit dem Nervenvorgang zusammen. Der letztere wird erst bewirkt durch den Reiz eines körperlichen Dinges. Die Wahrnehmung wird von dem nervösen Vorgang also direkt, von dem Reiz nur indirekt abhängig sein. Auf den Großhirnrindenvorgang kommt es an, nicht darauf, wie dieser zustande kommt. Die Erfahrung zeigt, daß gleiche nervöse Prozesse durch verschiedene Reize ausgelöst werden können. Der Sehnerv kann durch Licht, durch Druck, durch Elektrizität gereizt werden; immer entsteht ein Vorgang im Nervensystem, dem eine Lichtempfindung entspricht. Das Gesetz von den spezifischen Sinnesenergien gibt die Verallgemeinerung dieser Erfahrung. Es können selbst Vorgänge im Gehirn zustande kommen, denen „Wahrnehmungen“ entsprechen, wenn keine oder nur ganz untergeordnete äußere Reize vorhanden waren, wie im Traume, bei Halluzinationen. Wir nehmen aus guten Gründen an, daß auch in diesen Fällen wenigstens zugehörige Großhirnrindenvorgänge bestehen; auch das ist nur induktiv-analogisch erschlossen.

Soviel ist jedenfalls klar, daß von einer inhaltlichen Gleichheit oder Ähnlichkeit zwischen einem Dinge der Außenwelt und seiner Wahrnehmung nicht die Rede sein kann. Sehe ich eine Rose rot, so wird die Rose nicht in der Außenwelt rot sein, d. h. nicht dem gleichen, was ich rot in der Wahrnehmung nenne; duftet sie in charakteristischer Weise, so darf ich nicht glauben, daß ihr dieser Duft auch in ähnlicher oder gar gleicher Weise zukommt, wenn keiner da ist, den Duft zu riechen. Fühlen sich die Blätter weich und glatt an, so darf ich nicht meinen, etwas dieser Wahrnehmung „weich“ und „glatt“ Ähnliches komme den Blättern auch zu, wenn keine Hand sie tastet.

Man drückt den Sachverhalt so aus, daß gesagt wird, Farben, Gerüche, Tastwahrnehmungen usw. seien subjektiv, kurz, die Qualitäten der Empfindung seien lediglich subjektiv. Die Wissenschaft hat die Subjektivität der Sinnesqualitäten schon früh erkannt. Die neuere Physik hat seit ihrem Aufblühen diese Erkenntnis sich zu eigen gemacht. Und diese Erkenntnis ist zum mächtigen Antrieb für die Konstruktion der mechanischen Naturauffassung geworden. Für Galilei und Descartes steht

diese Auffassung bereits fest. Locke, der philosophische Vorarbeit leisten will für die großen Naturforscher seiner Zeit¹⁾, gibt nur deren herrschende Lehre wieder in seiner bekannten Formulierung von der Subjektivität der sekundären Qualitäten.

Aber die Naturwissenschaft hat nur die Konsequenzen gezogen, zu denen sie notwendig gedrängt wurde. Sie hat nicht den ganzen Inhalt der Wahrnehmung preisgegeben. Gewiß, Farbe, Ton, Geruch usw. darf man nicht ohne weiteres von der Wahrnehmung auf die Außenwelt übertragen, weil ihre Abhängigkeit von subjektiven Faktoren zu offenbar ist. Aber wir sahen, daß es mit anderen Bestandteilen der Wahrnehmung eine andere Bewandnis hat. Freilich ist die Ausdehnung, die Figur eines Körpers auch nicht unabhängig von dem wahrnehmenden Menschen. Aber die Sache liegt hier doch anders. Ein Körper konnte rot und nicht rot sein, sich warm und kalt anfühlen zu gleicher Zeit. Aber ausgedehnt und nicht ausgedehnt können wir einen Körper nicht gleichzeitig wahrnehmen. Solange wir den Körper überhaupt wahrnehmen, scheint er ausgedehnt, wenigstens räumlich zu sein²⁾.

Noch mehr! Wir können uns gut vorstellen, daß ein Körper nicht warm ist, daß er nicht kalt ist, daß er nicht rot und nicht blau ist. Versuchen wir dagegen, einen Körper als unausgedehnt uns vorzustellen, so gelingt das nicht. Wollen wir also überhaupt die körperliche Außenwelt behalten, so scheint es, dürfen wir auf die Ausdehnung derselben nicht verzichten³⁾.

¹⁾ Essay on Hum. Underst. Epist. to the Reader. New ed. London, p. XII (ohne Jahreszahl).

²⁾ Vergl. Anm. zu S. 40.

³⁾ Gegen diesen Vergleich der Ausdehnung mit den Sinnesqualitäten, bei denen dann die größere Bedeutsamkeit der Ausdehnung zutage zu kommen scheint, ist folgendes zu sagen. Man darf nicht der einzelnen konkreten Sinnesqualität das Abstraktum der Ausdehnung gegenüberstellen. Man muß vielmehr mit der einzelnen Sinnesqualität, Rot etwa, einen einzelnen Fall des Ausgedehntseins, etwa viereckig, vergleichen. Dann fällt der Unterschied zwischen den Sinnesqualitäten und den Arten des Ausgedehntseins völlig fort. Wie wir uns vorstellen können, daß ein Außenweltsding nicht rot, nicht grün, nicht heiß, nicht sauer, nicht glatt ist, können wir uns auch vorstellen, daß ein Außenweltsding nicht rund, nicht viereckig, nicht schmal, nicht groß ist. Wie wir uns einen Körper nicht vorstellen können ohne irgendeine Ausdehnung, so können wir uns ihn auch nicht vorstellen

Und es gelingt der Naturwissenschaft, die Ausdehnung der körperlichen Welt beizubehalten, ohne in Widersprüche zu geraten. Jene alten Sophistereien von der begrenzten oder unbegrenzten Teilbarkeit eines Ausgedehnten können auf die empiristische Naturforschung keinen Eindruck machen. Das mathematisch geschulte Denken merkt leicht, wo dabei der Fehler steckt. Die Naturwissenschaft nimmt also an, daß räumliche Beziehungen den Dingen der Außenwelt zukommen. Sehen wir ein Ding von eckiger Gestalt, so ist es auch in der Außenwelt eckig. Sehen wir, daß an einer Stelle des Raumes, die ein Körper einnimmt, kein anderer sein kann, so ist anzunehmen, daß auch in der Außenwelt die Körper undurchdringlich sind.

Doch geht die Übertragung der räumlichen Eigenschaften der Wahrnehmung auf die Außenwelt nicht immer so ohne weiteres. Derselbe Körper, ein Würfel etwa, den ich in der Hand halte, ist in meiner optischen Wahrnehmung bald größer, bald kleiner. In der Tastwahrnehmung bleibt dagegen seine Größe konstant, wenn ich ihn mit der Hand dem Auge nähere und von ihm entferne. Eine quadratische Blechplatte will ich mit vier Fingern an den vier Ecken fassen und vor dem Auge bewegen. Für meine Tastwahrnehmung bleibt die Platte im wesentlichen, wie sie ist, viereckig, quadratisch. Aber in der Gesichtswahrnehmung habe ich bald ein Quadrat, bald einen Rhombus, bald ein Parallelogramm, selbst ein ganz unregelmäßiges Viereck und eine Linie, alles bald größer, bald kleiner. Welcher Wahrnehmung soll ich Vertrauen schenken? Der wandelbaren Gesichts- oder der konstanten Tastwahrnehmung? Wird die Platte in der Außenwelt bald quadratisch, bald rhombisch, dann einmal zur größeren oder kleineren Geraden? Oder bleibt die Platte in der Außenwelt unverändert? Wir wissen, diese Annahme wird vorgezogen.

gänzlich ohne Sinnesqualitäten. Man versuche es, sich einen Würfel vorzustellen, der nicht weiß, noch schwarz, noch farbig ist, auch nicht in den Kanten, oder, wenn man nicht zum optischen Typus gehört, der sich nicht in irgendeiner Weise anfühlt!

Wir können in der Vorstellung Körper abstrahieren von den einzelnen Sinnesqualitäten und von den einzelnen Arten des Ausgedehntseins; aber wir können weder abstrahieren von jeder Sinnesqualität, noch von jeder Art des Ausgedehntseins, wenn wir überhaupt eine Vorstellung „Körper“ haben wollen.

Weshalb verdient sie den Vorzug? Weil sie einfacher ist? Nein, vor allem, weil sie wahrscheinlicher ist. Denn für die Variabilität der optischen Wahrnehmung finden wir eine Begründung in dem Wechsel der Wahrnehmungsumstände, während für die Tastwahrnehmung diese Umstände in dem gedachten Falle ziemlich konstant bleiben. Wir nehmen also an, daß unser Gegenstand in der Außenwelt ziemlich seine Ausdehnungsverhältnisse beibehält, weil in der Tastwahrnehmung diese Verhältnisse konstant sind und bei ihr die Wahrnehmungsbedingungen wenig variieren¹⁾.

Wir sehen also, daß die Ausdehnungsverhältnisse, wie sie die Gesichtswahrnehmung bietet, nicht einfach auf die Gegenstände der Außenwelt übertragbar sind, daß vielmehr eine Deutung der optischen Wahrnehmung zu erfolgen hat, etwa unter Berücksichtigung der Tastwahrnehmung. So könnte vielleicht die Ausdehnung, wie der Tastsinn sie bietet, der Ausdehnung in der Außenwelt gleichen.

Die Tastwahrnehmungen in dem weiten Sinne, in dem wir sie hier zu nehmen haben, bestehen aus Komplexen von Muskel- und Gelenkempfindungen usw., sowie von Hautempfindungen. Die Wahrnehmung der Ausdehnung durch das Betasten ist durch jene Komplexe von Empfindungen mitgegeben. Was in den Komplexen die Ausdehnung gibt, braucht hier nicht untersucht zu werden. Wir prüfen also nicht, ob es besondere Ausdehnungs- oder Raumempfindungen gibt, oder ob der Raum und die Ausdehnung nichts sind als gewisse Verhältnisse, etwa die „Formen“ der Empfindungskomplexe. Jedenfalls habe ich die Wahrnehmung eines Nebeneinander, wenn ich zwei getrennte Punkte eines Körpers mit den Spitzen zweier Finger betaste. Das, was

¹⁾ Die Tastwahrnehmung ist überhaupt diejenige, der vom Menschen das höchste Vertrauen geschenkt wird. Gesichts- und Tastsinn sind die beiden Sinne, die für die Wahrnehmung der Außenwelt die größte Rolle spielen. Die Bedeutung der anderen Sinne beruht auf spezielleren Leistungen vornehmlich.

Liefert der Gesichtssinn das reichste Material, so hat doch der Tastsinn den Vorzug größerer Zuverlässigkeit. Daher bezeichnen wir die sichersten Wahrheiten auch wohl als greifbar. Wenn wir eine Täuschung durch den Gesichtssinn vermuten, so vollziehen wir die Prüfung durch den Tastsinn. Thomas, der Zweifler unter den Jüngern, wird von Jesus aufgefordert, seine Hand in die Nägelmale zu legen.

in der Wahrnehmung dieses Nebeneinander gibt, müßte sich also nach unserer Annahme auch an dem Gegenstande der Außenwelt vorfinden.

Nehmen wir dies an, so müssen wir sofort zugeben, daß die Gesichtswahrnehmung der Ausdehnung der Ausdehnung in der Außenwelt nicht gleichen kann. Denn die Gesichtswahrnehmung (sagen wir bei ruhendem Auge) etwa einer Würfelkante ist durch einen Komplex von optischen Empfindungen mitgegeben, und in diesem kann die psychologische Analyse nichts finden, was inhaltlich einem Etwas gleich oder ähnlich wäre in den Komplexen der Tastempfindungen bei der Berührung der Kante. Stimmt also die Tastwahrnehmung der Ausdehnung mit der Ausdehnung in der Außenwelt überein, so kann mit letzterer die Gesichtswahrnehmung der Ausdehnung nicht übereinstimmen, da sie mit der ersteren nicht übereinstimmt, d. h. ihr nicht gleich oder ähnlich ist. Und doch werden die meisten Menschen die Ausdehnung eines Körpers in der Außenwelt sich vorstellen nach der Art, wie sie diese Ausdehnung sehen. Sie werden die Vorstellung der Außenwelt erzeugen durch optische Reproduktionen, nicht durch Reproduktionen von Tastwahrnehmungen. Das liegt an dem Vorwiegen der optischen Wahrnehmungen und Reproduktionen überhaupt, welches man bei der Mehrzahl der Menschen findet.

Die beiden Arten von Wahrnehmungen des Nebeneinander sind nach dem vorigen verschieden. Sehe ich ein Nebeneinander zweier Punkte, so unterscheidet sich das völlig von dem Tasten des Nebeneinander¹⁾. Denn Gesichtswahrnehmungen sind über-

¹⁾ Man wird vielleicht einwenden, daß doch etwas Gemeinsames in den beiden Arten von Wahrnehmungen der Ausdehnung stecken müsse. Sonst könnten ja nicht beide Arten der Wahrnehmung als ausgedehnt bezeichnet werden. Taste ich zwei Punkte und sehe ich sie, so haben, wird man sagen, beide Wahrnehmungen das gemeinsam, daß in beiden die zwei Teilwahrnehmungen der Punkte eben nebeneinander sind.

Mir scheint die Selbstbeobachtung zu zeigen, daß eine inhaltliche Gleichheit oder Ähnlichkeit der Wahrnehmungen des Nebeneinander durch Tast- und Gesichtssinn nicht besteht, sondern nur eine sehr enge Beziehung. Der gemeinsame Name rührt nur daher, daß wir beide Arten von Wahrnehmungen des Nebeneinander auf dasselbe Nebeneinander in der Außenwelt beziehen.

Woher kommen aber die Wahrnehmungen überhaupt in diese enge Be-

haupt etwas ganz anderes als Tastwahrnehmungen. Zwar sind beide Wahrnehmungen des Nebeneinander, sei es auf angeborener Grundlage, sei es allein durch die stets wiederholte Erfahrung, zueinander in engste Beziehung gekommen. Aber ihre Verschiedenheit kann nicht in Abrede gestellt werden. Die Ausdehnung, das Nebeneinander der Außenwelt, kann nur der Ausdehnung in einer der beiden Wahrnehmungsarten gleich oder ähnlich sein. Gegen die Übereinstimmung mit der Gesichtswahrnehmung haben wir schon Gründe angeführt. Ähnliche Gründe mögen nun gegen die Übereinstimmung mit der Tastwahrnehmung angeführt werden.

Es muß nämlich erwähnt werden, daß auch bei der Tastwahrnehmung die ihr oben nachgerühmte Beständigkeit nur innerhalb gewisser Grenzen besteht. Fasse ich die oben erwähnte quadratische Platte in die eine Hand, etwa die linke, so habe ich die Wahrnehmung einer gewissen Ausdehnung. Berühre ich die vier Ecken nun mit der rechten Hand, nachdem ich vorher mit dieser eine größere Platte berührt habe, so erhalte ich die Wahrnehmung einer geringeren Ausdehnung. Habe ich vorher eine kleinere Platte mit der rechten Hand gefaßt, so wird in der rechten Hand die Platte nun größer scheinen als in der linken. Diese Tatsachen des sukzessiven Kontrastes (die den optischen Täuschungen entsprechende Tasttäuschungen ergeben) zeigen, daß jener Vorzug des Tastsinns, die Konstanz der Ausdehnung in der Tastwahrnehmung, nicht besteht. Welche der drei durch den Tastsinn wahrgenommenen Ausdehnungen soll ich der Platte in der Außenwelt zuschreiben?

Unsere Lage ist die folgende. Wir haben (wenigstens) zweierlei verschiedene Wahrnehmungen der Ausdehnung. Die

ziehung? Wie wird diese ermöglicht, wenn in den beiden Arten von Wahrnehmungen nichts Gemeinsames steckt? Es besteht in der Tat trotz aller qualitativen Verschiedenheit eine weitgehende Übereinstimmung, nämlich eine Übereinstimmung der Verhältnisse. Diese setzt zunächst eine numerische Übereinstimmung voraus. Vier getasteten entsprechen vier Punkte im Sehfeld (unter passenden Wahrnehmungsbedingungen). Durch diese numerische Übereinstimmung wird eine eindeutige Zuordnung ermöglicht. Dadurch, daß die beiden Arten von Ausdehnungswahrnehmungen aufeinander eindeutig bezogen werden können, wird es möglich, daß sie auf ein gemeinsames Drittes, eine Ausdehnung in der Außenwelt bezogen werden können.

beiden Arten von Wahrnehmungen sind so verschieden voneinander, daß die Ausdehnung in der Außenwelt nicht beiden gleichen kann. Keine der beiden Wahrnehmungen des Nebeneinander besitzt besondere Eigentümlichkeiten, die uns veranlassen könnten, gerade sie und nicht die andere der Außenwelt zuzuschreiben. Diese Tatsachen sind recht geeignet, die Willkür zu zeigen, die wir begehen, wenn wir den Dingen der Außenwelt Ausdehnung zuschreiben. Was für eine Ausdehnung, die des Gesichts- oder des Tastsinns? Daß wir meist auf die des Gesichtssinns verfallen, ist durch die Reproduktionsgesetze usw. bedingt. Aber es liegt kein Grund vor, dieser den Vorzug zu geben. Wir müssen zugeben: wir wissen gar nicht, ob das, was die Wahrnehmung des Nebeneinander bewirkt, dem Nebeneinander des Gesichts- oder des Tastsinns gleicht, oder ob es überhaupt keiner der beiden Arten der Wahrnehmung des Nebeneinander ähnlich sieht.

Daß also die Ausdehnung durch zwei Sinne wahrgenommen wird, spricht so wenig für ihre Objektivität, daß vielmehr durch diesen Umstand die Subjektivität der Ausdehnung erst recht einleuchtend gemacht wird. Wir müssen eingestehen, der Umstand (in der Außenwelt), der die beiden Arten von Wahrnehmungen des Nebeneinander bewirkt, braucht ebensowenig einer dieser Arten zu gleichen, wie die Ursache des Rot in der Außenwelt dem Rot der Gesichtswahrnehmung zu gleichen braucht. In diesem Sinne ist die Ausdehnung ebenso als subjektiv anzuerkennen, als die Sinnesqualitäten.

Faßt man die Wahrnehmung auf als Wirkung von Gegenständen der Außenwelt, so ist auch die Wahrnehmung der Ausdehnung als Wirkung von etwas aufzufassen, daß der Außenwelt zukommt. Hat aber die Wirkung mit der Ursache keine Ähnlichkeit im allgemeinen, so wird auch im besonderen vorliegenden Falle die Ursache, jenes Etwas in der Außenwelt, nicht einer der beiden Arten von Wahrnehmungen der Ausdehnung gleich oder ähnlich zu sein brauchen.

Unsere Wahrnehmungen der Außenwelt sind demnach durchaus subjektiv. Das gilt von den räumlichen Eigenschaften der Wahrnehmung ebenso wie von der Qualität der Empfindungen. Gestalt, Größe, Lage, und damit auch die Undurchdringlichkeit,

alle diese Verhältnisse des Nebeneinander, der Ausdehnung, kommen nur unseren Wahrnehmungsarten zu; was in der Außenwelt diesen Wahrnehmungen als Ursache entspricht, davon wissen wir nichts. Es mag daher scheinen, als wüßten wir überhaupt nichts von der Außenwelt. Die mechanistische Physik hatte schon zugegeben, daß die Farben, Wärme- und Kälteempfindungen usw. der Außenwelt nicht zugeschrieben werden dürfen. Sie hatte aber die Ausdehnungsverhältnisse und damit die Bewegungen, die Änderungen der Verhältnisse des Nebeneinander, aus der Wahrnehmung auf die Außenwelt übertragen. Auch das ist unzulässig! Scheint es nun nicht, als ob überhaupt nichts übrig bliebe? Ist alles Erkennen der Außenwelt unmöglich? Muß diese Erkenntnis aufgegeben und an ihrer Stelle die Erforschung der Wahrnehmungen allein betrieben werden?

Eine solche Beschränkung auf die Wahrnehmung müßte eine Revolution des einzelwissenschaftlichen Denkens, besonders aber der Physik und Chemie bedeuten. Die angeschnittene Frage ist also für die vorliegenden Untersuchungen von großer Wichtigkeit. Die Physik kann und darf am Außenweltsproblem nicht einfach vorübergehen. Je nach der Stellungnahme des Physikers zu dieser Frage wird seine Beurteilung einer großen Reihe von Auffassungen und Annahmen seiner Wissenschaft verschieden sich gestalten müssen.

Bevor wir dies nachweisen, wollen wir noch einen Schritt weiter gehen auf der Bahn, die von der naiv realistischen Auffassung zu einem Agnostizismus der Außenwelt führte. Wenn die Annahme, unsere Wahrnehmungen der äußeren Sinne seien Wirkungen einer Außenwelt, die Konsequenz nach sich zieht, daß von der Außenwelt selbst nichts erkennbar ist, so läßt uns diese Konsequenz vielleicht jene Annahme einer wirkenden Außenwelt selbst unnötig erscheinen. Wenn wir von der Außenwelt sonst absolut nichts wissen, so wissen wir vielleicht auch nicht einmal, ob die Wahrnehmungen durch sie bewirkt werden. Wenn die Außenwelt weder rot noch blau, noch warm oder kalt, noch rund oder viereckig, noch überhaupt ausgedehnt zu sein braucht, braucht sie da überhaupt noch zu existieren? Wird die Annahme einer solchen Außenwelt, der wir doch gar nichts, keine erkennbare Eigenschaft zuschreiben dürfen, nicht völlig

müßig erscheinen müssen? Wenn wir nichts erkennen können als die Wahrnehmungen, wer sagt uns dann, daß diese Wahrnehmungen Wirkungen von etwas anderem, einer Außenwelt sind? Müssen wir nicht gestehen, daß wir, da wir gar nichts von der Außenwelt wissen, auch nicht wissen, ob diese Außenwelt überhaupt wirkt, ob sie existiert?

Ja, noch mehr! Wir wissen nicht nur nicht, ob die Außenwelt existiert, wir können, einen neuen Gedanken in die Betrachtung einführend, zeigen, daß die Annahme einer Existenz der Außenwelt einen Widerspruch in sich enthält, daß diese Annahme mithin sinnlos ist. Was heißt es denn, eine Außenwelt existiert? Wenn wir von etwas Unbekanntem sagen, es existiert, so meinen wir damit doch, daß es mit dem anderen, von welchem wir sagen, es existiert, etwas Übereinstimmendes oder doch Ähnliches hat. Was ist das Bekannte, das andere, von dem wir sagen es existiert? Neben der Außenwelt nehmen wir Wahrnehmungen, Gefühle, überhaupt geistige Vorgänge als existierend an. Wenn ich rot sehe, so kann ich die Existenz dieses Rot nicht bestreiten, wenn ich einen Schmerz empfinde, so muß ich diesem Schmerz Existenz zuschreiben. Meint man also mit Existenz nicht das, was als allgemeinstes Gemeinsames in dem Rot und dem Süß, in dem Schmerz und der Lust usw. steckt? Alles dies, von dem wir unbedingt anerkennen müssen, daß es existiert, hat eine bestimmte, eigenartige Beschaffenheit, Qualität, oder wie wir es nennen wollen. Wenn daher von etwas gesagt wird, es existiert, so kann nur gemeint sein, es hat Qualitäten, einen Inhalt, wie das Rot, oder wie ein Ton, ein Geruch, eine Erinnerung, ein Gefühl. Wenn der schlichte Mensch sagt, draußen liegt Schnee, ist Schnee vorhanden, existiert Schnee, so meint er, daß draußen der Schnee weiß ist, kalt ist, also etwas mit Wahrnehmungen gemeinsam hat. Wird aber der Außenwelt alles dies genommen, werden ihr alle Qualitäten genommen, so hat es keinen Sinn mehr, ihr Sein zuzuschreiben; denn Sein ist qualitativ bestimmtes Sein. Der Begriff der Existenz kann nur dem uns Bekannten entnommen sein, d. h. unseren Wahrnehmungen des äußeren und inneren Sinnes. Alle diese Wahrnehmungen unterscheiden sich dadurch von dem Nichts, daß ihnen eine Qualität oder Qualitäten, Inhalte zu-

kommen. Das Qualitäten-, Inhalte-haben oder -sein ist also als Existieren aufzufassen. Solange ich der Außenwelt Qualitäten, ein So-und-osein zuschreibe, habe ich ein Recht zu sagen, sie existiert. Eine Außenwelt ohne ein bestimmtes, ein So-und-osein, kann auch nicht existieren.

So ist schließlich von der Außenwelt nichts mehr übrig geblieben. Die Sinnesqualitäten, die Ausdehnung und was damit zusammenhängt sind ihr genommen worden, und dann hat man gar ihre Existenz bestritten. Suchen wir uns nun klar zu machen, welche Konsequenzen die Leugnung der Außenwelt für die Physik haben müßte: es ist klar, nur dann kann von physikalischen Vorgängen die Rede sein, wenn ein wahrnehmendes Wesen vorhanden ist. Die physikalischen Vorgänge sind Wahrnehmungs-, d. h. geistige Vorgänge. Alle angenommenen Vorgänge, die nicht wahrgenommen werden, sind nicht vorhanden. In Wirklichkeit haben nie Vorgänge existiert, die nicht gesehen, getastet usw. wurden. Atome haben nie existiert, denn man hat sie nie wahrgenommen. Ätherschwingungen gibt es nicht, denn der Äther ist nicht wahrnehmbar. Ja selbst der Schall wird nicht immer durch Wellen in der Luft bewirkt; denn die Wellen sind nur in jenen seltenen Fällen vorhanden, in denen sie als solche wahrgenommen werden. Diese Eisenstange, die ich hier vor mir sehe, ist weder warm noch kalt; sie wird es nur, wenn ich sie berühre. Eine Goldmünze und eine gute Nachahmung unterscheiden sich nicht, solange sie der Wahrnehmende nicht zu unterscheiden imstande ist. Unterwerfe ich die beiden gleichen Münzen derselben Reaktion — stecke ich beide in die gleiche Lösung, etwa in Scheidewasser — so kommt plötzlich eine Verschiedenheit in den Wirkungen zutage. Hier habe ich ein wenig Bariumsalz, hier etwas Strontiumsalz. Beide Salze sind dasselbe; denn die Wahrnehmung kann beide nicht unterscheiden, und da nur die Wahrnehmung existiert, unterscheiden sich die beiden Salze so lange nicht, als sie in der Wahrnehmung nicht unterschieden werden. Ich bringe das Bariumsalz in diese Bunsenbrennerflamme. Die Flamme brennt grün. Ich nehme das Strontiumsalz; die Flamme leuchtet rot. Barium- und Strontiumsalz waren dasselbe; denn die Wahrnehmungen von beiden stimmten völlig überein nach unserer Annahme. Es lagen also die gleichen

Ursachen vor. Diese gleichen Ursachen brachten nicht die gleichen Wirkungen hervor. In der alten einfachen Form ist also das Kausalgesetz falsch, wenn keine Außenwelt existiert. Viele Physiker halten aber dafür, daß das Kausalgesetz die Grundlage aller physikalischen Forschung sei. Die notwendige Revolution der Physik — und der Einzelwissenschaften überhaupt — muß also eine sehr weitgehende, tiefgreifende sein.

Nun wird es in der Wissenschaft an konservativen Elementen nicht fehlen, die sehr abgeneigt sind, eine so radikale Umwälzung vorzunehmen. Ist wirklich die Außenwelt als Realität nicht zu retten, so möge sie als Fiktion beibehalten werden. In Leben und Wissenschaft hat die Außenwelt so gute Dienste getan, daß es nötig ist, eine solche zu erdichten, wenn es in Wirklichkeit keine gibt. Radikal die Vorstellung von der Außenwelt abzuschaffen, können wir uns schlecht entschließen; denn wir müßten gleichzeitig auf das Kausalgesetz — wenigstens in der alten handlichen Form — verzichten. Und ohne das letztere sich im Getriebe der Wahrnehmungen zurechtfinden zu müssen, das erscheint doch bedenklich. Tun wir also ruhig weiter so, als ob eine Außenwelt da wäre, als ob hinter der Wahrnehmung etwas steckte, diese bewirkend. Es bleibt dann alles beim alten. Wir brauchen nicht die Physik, die ganze Wissenschaft umzugestalten — ein Unternehmen, bei dem man ja doch noch nicht recht weiß, was herauskommen wird. Lassen wir nur den törichtten Glauben beiseite, als ob die Außenwelt auch draußen wirklich stände. Das haben wir erkannt; diese ganze Außenwelt ist nur eine nützliche Fiktion.

Daneben wird eine Partei ihre Werbetrommel rühren, die schon weniger konservativ ist. Ihre Anhänger waren mit dem alten nicht an allen Enden zufrieden. Aber eine große Revolution scheint ihnen deshalb doch nicht nötig. Einige friedliche Reformen werden genügen. Im ganzen hat die Außenwelt sich gut bewährt, behalten wir also die Fiktion bei. Wird uns aber an einer Stelle die Durchführung der Fiktion einmal lästig, wozu sich dann mit ihr plagen? Fiktionen benutzt man, wo sie gute Dienste leisten; man kümmert sich nicht um sie, wo sie Schwierigkeiten machen. Für das praktische Leben ist es ganz nützlich, Lockes sekundäre Qualitäten, die Farben z. B., der

Außenwelt zuzuschreiben, anzunehmen, daß die Rosen rot sind, wenn sie keiner sieht und der Essig sauer, wenn ihn keiner schmeckt. Der Physiker gerät in Verlegenheiten, wenn er die Sinnesqualitäten den Körpern der Außenwelt zuschreiben will; also verzichtet er auf sie und läßt der Außenwelt allein die Ausdehnung usw. So kommt er zu seinen schönen mechanischen Auffassungen, zur Molekulartheorie. Macht ihm aber an einer Stelle etwa die Atom- und Molekulartheorie Schwierigkeiten, dann läßt er sie eben fallen. Wozu sollte er sich auch mit einer Fiktion viel Mühe geben, die er nur behält, damit sie ihm Mühe sparen soll? Wo die Fiktion von Atomen im dreidimensionalen Raum lästig wird, ersetzt man sie durch Atome, die sich im vierdimensionalen aufhalten¹⁾. Natürlich wird kein Mensch glauben, hier, bei dieser einfacheren Verbindung, steckten die Atome wirklich in einem dreidimensionalen, und dort, bei der komplizierteren Verbindung, in einem vierdimensionalen Raume. Nur ist in einem Falle die eine, im andern Falle die andere Fiktion zweckmäßiger. Glaubten wir an eine Außenwelt mit wirklichen Atomen im dreidimensionalen Raume, so müßten wir allerdings, so umständlich es auch wäre, diese Auffassung in allen Fällen durchzuführen suchen. Da wir in dem allen aber nur Fiktionen sehen, haben wir es bequemer; wir brauchen die fiktiven Auffassungen nicht so ernst zu nehmen. Kommen neue Entdeckungen, so werden wir uns nicht übermäßig abmühen, sie mit unseren alten Auffassungen zusammenzureimen. Wenn das Schwierigkeiten macht, so erfinden wir vielleicht für das neue Wissensgebiet eine neue Fiktion; dabei mag die alte in dem alten Gebiete ruhig bestehen bleiben. Eine Wahrheit müßte auf allen Gebieten, in allen Teilwissenschaften wahr sein; aber von einer Fiktion braucht man nicht zu verlangen, daß sie überall zweckmäßig ist. Sie braucht noch nicht abgeschafft zu werden, wenn sie sich auf neuen Gebieten nicht bewährt. Das ist ungemein bequem. — Man sieht, diese Richtung wird nach und nach doch schon allerhand umändern. Sie wird vor allen Dingen sich keine zu große Mühe geben, Hypothesen über die Außenwelt mit großer Sorgfalt auf allen Gebieten durchzuführen. Denn für sie

¹⁾ Mach, Erhaltung der Arbeit. Prag 1872. S. 29.

gibt es keine eigentlichen Hypothesen, sondern Fiktionen, die Mühe sparen sollen und zwecklos werden, wo sie viel Arbeit machen.

Neben den konservativen und den gemäßigten Reformern unter den Gegnern der Realität der Außenwelt wird es aber auch Radikale geben. Wie, werden sie sagen, sollte diese törichte Annahme von der Existenz einer Außenwelt, dieses überlebte Märchen, solche Wunder leisten? Sollte man wirklich nicht durch die Welt und die Wissenschaft durchkommen können, wenn man sich ganz einfach an der vollen Wahrheit hielte? Es wäre doch sehr merkwürdig, wenn eine Erdichtung so viel nutzen könnte. Aus einer Erdichtung, die sicher falsch ist, wird auch Falsches neben dem Wahren und Zutreffenden folgen müssen. Wer will mir sagen, ob etwas, das ich aus der Fiktion gefolgert habe, wahr oder falsch ist? Da muß ich doch wieder an die Wahrnehmung appellieren. Die Fiktion habe ich auf Grund der Wahrnehmungen gebildet; was Richtiges aus ihr ableitbar ist, wird sich auch direkt aus den Wahrnehmungen ergeben. Und nur an den Wahrnehmungen ist die Konsequenz aus der Fiktion prüfbar. Wozu also zwischen die Wahrnehmungen eine Außenwelt einschieben? Die Außenwelt — auch als Fiktion — wird von uns konstruiert mit Rücksicht auf unsere Wahrnehmungen, in Anpassung an unsere Wahrnehmungen. Sie wird abgeleitet aus unseren Wahrnehmungen; wenn zukünftige Wahrnehmungen also aus der Fiktion der Außenwelt ableitbar sind, so müssen sie auch ableitbar sein aus den Wahrnehmungen, in Anlehnung an welche die Fiktion gebildet wurde. Man sagt, das Kausalgesetz werde vernichtet, wenn nur die Wahrnehmungen betrachtet würden. Beweist denn nicht die Tatsache, daß eine Außenwelt auf Grund der Wahrnehmungen, bestimmt durch die Wahrnehmungen, so fingiert werden kann, daß das Kausalgesetz besteht, auch die gesetzmäßige Abhängigkeit der späteren Wahrnehmungen von den früheren? Wären nicht die späteren Wahrnehmungen bestimmt durch die früheren, so könnten sie auch nicht bestimmt sein durch die fingierte Außenwelt; denn diese Fiktion ist rein zufällig, soweit sie nicht bestimmt wird durch Wahrnehmungen. Können zukünftige Wahrnehmungen überhaupt bestimmt werden, so kann das Bestimmende nur in

den Wahrnehmungen liegen; denn worin sollte es sonst liegen, da die Außenwelt nur insoweit bestimmt ist, als die Wahrnehmungen Bestimmungen fordern? Ist also Kausalität oder Gesetzmäßigkeit in den Wahrnehmungen überhaupt möglich unter Annahme einer Außenwelt, so muß die Gesetzmäßigkeit auch in den Wahrnehmungen stecken. Die Wahrnehmungen können kein Chaos bilden; wenn durch die Annahme der Außenwelt eine Gesetzmäßigkeit in sie hereingebracht werden kann, so ist das nur möglich, weil Gesetzmäßigkeit schon in den Wahrnehmungen steckte. Man gewöhne sich nur erst daran, in den Wahrnehmungen diese zu sehen, so wird man die Außenwelt nicht mehr nötig haben. Drücken wir den Gedanken einmal unter Zuhilfenahme des Funktionsbegriffes in der Weise Ernst Machs aus, so können wir sagen: In den früheren und gegenwärtigen Empfindungen haben wir eine Reihe von Größen, zwischen denen etwa noch diese oder jene Gleichungen bestehen. Durch die Annahme, etwa die Fiktion, einer Außenwelt füge ich eine Zahl von neuen Unbekannten ein. Diese Unbekannten sind mit den durch die Wahrnehmungen gegebenen Bekannten durch Gleichungen verbunden. Aus den Unbekannten kann ich nun die zukünftigen Wahrnehmungen berechnen, da diese mit jenen wieder durch Gleichungen verbunden sind. Ich habe also frühere und gegenwärtige Empfindungen $\alpha, \beta, \gamma \dots$, die Außenwelt $x, y, z \dots$ und die zukünftigen Empfindungen $a, b, c \dots$. Zwischen den $\alpha, \beta, \gamma \dots$ und den $x, y, z \dots$ bestehen Gleichungen, ebenso zwischen den $x, y, z \dots$ und den $a, b, c \dots$. Der Realismus, auch als Fiktion, bestimmt $x, y, z \dots$ durch die $\alpha, \beta, \gamma \dots$, die Außenwelt durch frühere und gegenwärtige Empfindungen, dann $a, b, c \dots$ durch $x, y, z \dots$, d. h. zukünftige Empfindungen durch die Außenwelt. Ist aber $x, y, z \dots$ durch $\alpha, \beta, \gamma \dots$ und $a, b, c \dots$ durch $x, y, z \dots$ bestimmt, so ist damit auch $a, b, c \dots$ durch $\alpha, \beta, \gamma \dots$ bestimmt. Mit anderen Worten, wir eliminieren $x, y, z \dots$ aus den beiden Gleichungssystemen und erhalten so ein Gleichungssystem, durch das direkt $\alpha, \beta, \gamma \dots$ und $a, b, c \dots$ verbunden sind. So muß $a, b, c \dots$ direkt durch $\alpha, \beta, \gamma \dots$ bestimmbar sein. Man muß natürlich alle die $\alpha, \beta, \gamma \dots$ gebrauchen, welche nötig waren, um $x, y, z \dots$ zu bestimmen, wenn $a, b, c \dots$ bestimmt werden soll. Man darf nicht nur die

augenblicklichen Wahrnehmungen α von Barium- und Strontiumsalz und β von der Flamme nehmen, wenn man die Wahrnehmung $a, b, c \dots$ der gefärbten Flamme im voraus bestimmen will. Man muß noch die früheren Wahrnehmungen, etwa der Flasche mit Aufschrift, der Gewinnung, früherer chemischer Reaktionen — $\gamma, \delta \dots$ — usw. hinzunehmen und mit in Rechnung ziehen. Dann wird sich finden, daß in den $\gamma, \delta \dots$ für Bariumsalz andere Sachen stecken als für Strontiumsalz. Für Bariumsalz habe ich vielleicht $\gamma_1, \delta_1 \dots$, für Strontiumsalz $\gamma_2, \delta_2 \dots$ in den früheren Empfindungen. Setze ich diese verschiedenen Werte nacheinander in mein Gleichungssystem ein, so erhalte ich für die zukünftigen Empfindungen auch richtig verschiedene Resultate, $a, b_1, c_1 \dots$ und $a, b_2, c_2 \dots$ vielleicht. Und diese Resultate bekomme ich in gleicher Weise, ob ich die Berechnung unter Zuhilfenahme von $x, y, z \dots$, der Außenwelt ausführe, oder ob ich die Gleichungen benutze, die sofort die $a, b, c \dots$ aus den $\alpha, \beta, \gamma \dots$ ergeben. Zur Bestimmung der $x, y, z \dots$, d. h. zur Feststellung, ob in der Außenwelt Barium- oder Strontiumsalz vorlag, war auch mehr erforderlich als das α , die gegenwärtige Wahrnehmung des Salzes. Ohne die früheren Wahrnehmungen $\gamma, \delta \dots$ usw. geht die Bestimmung der $a, b, c \dots$, der zukünftigen Wahrnehmung, keinesfalls. Der Unterschied ist nur der, daß wir uns die Berechnung von $x, y, z \dots$ ersparen. Mit der Gefährdung des Kausalgesetzes steht es also so bedenklich nicht. Was fortfällt, ist nur überflüssiger Ballast. Die Zukunft, d. h. zukünftige Wahrnehmungen, bleiben ebenso wohl voraussagbar wie früher. Es sind auch nicht mehr Daten zu der Voraussage notwendig. Nur der Umweg über die $x, y, z \dots$ fällt fort. Wie zukünftige, so bleiben auch vergangene Wahrnehmungen feststellbar. Auch die Möglichkeit historischer Wissenschaft bleibt unangefochten bestehen.

Zu den angedeuteten Standpunkten ist nun Stellung zu nehmen. Eine philosophische Betrachtung physikalischer Theorien kann an diesen Problemen nicht vorübergehen. Behalten die Radikalen recht, so müssen die mechanischen Hypothesen total beseitigt werden. Denn diese Hypothesen geben die $x, y, z \dots$, welche zwischen die Wahrnehmungen bei physikalischen Vorgängen eingeschoben worden sind. Und auch wenn die Reformer

die richtige Mitte getroffen hätten, müßte manches anders werden. Eine Umwertung großen Stiles müßte Platz greifen in der Physik. Die Hypothesen würden zu Fiktionen degradiert, und die Wahrnehmungen würden in der Schätzung bedeutend steigen. Die Wellenlängen im Spektrum würden weit weniger Interesse in Anspruch nehmen als die Verteilung der Empfindungsintensität. Denn die Wellenlängen wären nur fiktive Größen, die Empfindungsintensität aber ist etwas real Existierendes.



IV. Prüfung der kritischen Bedenken gegen die Außenweltshypothese.

Nachdem wir im vorstehenden eine Reihe von Anklagen gegen die Außenweltshypothese vernommen haben, ist es an der Zeit, der Verteidigung Gehör zu schenken. Dadei wird sich von selbst Gelegenheit bieten, einzelne Punkte der Anklage präziser zu formulieren, als das bisher zweckmäßig war.

Die Verteidigung wird von Tatsachen ausgehen müssen, denen sich auch der erbitterteste Ankläger nicht verschließen kann.

Es ist also nach Ausgangspunkten zum Beweise, nach Voraussetzungen zu suchen, die sich allgemeiner Anerkennung erfreuen, denen auch der Positivist zustimmt. Eine Reihe solcher Voraussetzungen ist leicht zu finden.

Zunächst ist die Gewißheit der augenblicklich mir gegebenen Bewußtseinsinhalte anzuführen. Daß ich in diesem Augenblicke eine Weißempfindung habe, kann mir niemand zweifelhaft machen; ebensowenig, daß ich jetzt die Gehörswahrnehmung eines Geräusches, die Temperaturwahrnehmung der Kälte habe. Zweifelhaft mag sein, ob die Weißwahrnehmung von weißem Papier, die Geräuschwahrnehmung von einem Wagen, die Kältewahrnehmung von kalter Luft oder von irgendetwas anderem verursacht ist. Ob der Wahrnehmung ein Etwas entspricht, das wahrgenommen wird, ob die Wahrnehmung einen Gegenstand hat, kommt hier nicht in Frage. Zunächst soll nur festgestellt werden, daß Sinneswahrnehmungen als gegenwärtige Bewußtseinsinhalte mir unmittelbar gewiß sind.

Was von den Sinneswahrnehmungen gilt, das trifft auch bei den abgeleiteten Vorstellungen zu. Auch eine Erinnerung, eine abstrakte oder eine Phantasie-Vorstellung sind mir als gegenwärtige Bewußtseinsinhalte unbedingt gewiß. Erwinnere ich mich

des Traumes der letzten Nacht, so ist mir die Existenz dieser Erinnerung vollkommen sicher. Ich kann bezweifeln, daß diese meine gegenwärtige Erinnerung den Traum richtig wiedergibt; vielleicht täusche ich mich noch ärger: die Erinnerung gibt nicht den Traum der letzten Nacht, sondern einen viel älteren; oder sie gibt gar etwas, das ich niemals geträumt habe. Meine „Erinnerung“ ist gar nicht eine Erinnerung an etwas, sondern vielleicht reine Einbildung oder wer weiß was. Aber alle diese Zweifel lassen die eine Tatsache unangetastet: als mein gegenwärtiger Bewußtseinszustand ist mir diese Vorstellung, die ich möglicherweise irrthümlich als Erinnerung an etwas deute, in unmittelbarer Gewißheit gegeben. Ein Zweifel kann erst entstehen, wenn ich meine Vorstellung als Hinweis auf etwas, auf das Erinnernte, deute, wenn ich auf einen Gegenstand der Erinnerung schließe. Der Sachverhalt ist derselbe, wie bei der Wahrnehmung. Auch diese ist als mein gegenwärtiger Bewußtseinszustand unmittelbar gewiß, aber ich kann bezweifeln, ob ich die Wahrnehmung als Wahrnehmung von etwas, von einem Wahrgenommenen, einem Gegenstande deuten darf.

Ebenso wie Vorstellungen sind mir meine gegenwärtigen Gefühle und Wollungen unmittelbar gewiß. — Die Gesamtheit meiner augenblicklichen Bewußtseinsinhalte, d. h. meiner Vorstellungen, Gefühle, Wollungen, bezeichne ich als das mir unmittelbar Gegebene. Dann kann ich also sagen: als unmittelbar gewisse Voraussetzung darf ich das mir Gegebene ansehen. Jedem Menschen ist das ihm momentan Gegebene, d. h. Bewußte, unbedingt gewiß.

Es gibt allerdings eine Tatsache, die dies erste Resultat unserer Überlegung zweifelhaft machen könnte. Ich meine die Existenz des Materialismus. Materie pflegt — gleichviel wie — doch so definiert zu werden, daß sie das dem Bewußtsein Entgegengesetzte, Nichtbewußte ist. Existiert nur Materie, so existiert nur Nichtbewußtes, also kein Bewußtes. Wird die Existenz jedes Bewußtseins geleugnet, so muß auch die Existenz des mir momentan Bewußten, des Gegebenen bestritten werden. Demnach muß auch das Gegebene nicht unbedingt gewiß, sondern zweifelhaft sein.

Versuchen wir daraufhin die Existenz des Gegebenen zu

beweisen, so zeigt jeder Versuch, daß alle Stützpunkte für einen solchen Beweis fehlen. Wir können nichts tun, als den Materialisten auf sein eigenes Bewußtsein verweisen, auf seine Empfindungen, Gefühle, Wollungen usw., und ihm dann sagen: diese bezeichnet man als Bewußtsein, kannst du glauben, daß diese Gefühle nicht existieren, während du sie hast? Und wir meinen, daß der Materialist uns mißversteht, wenn er die Existenz dieses Bewußten nicht zugibt. Wie dem auch sei, wir wollen die Tatsache festhalten, daß wir die Existenz des Gegebenen nicht beweisen konnten.

Für unseren nächsten Zweck ist dieser Mangel eines Beweises nicht weiter gefährlich; denn unsere Gegner, die Bestreiter der Außenwelt, die Positivisten, geben die unmittelbare Gewißheit des Gegebenen ohne Einschränkung zu. Wir halten also diesen ersten Punkt einmal fest.

Sehen wir uns weiter um, so finden wir bald eine zweite Klasse des unbedingt Gewissen. Zu dieser gehören die logischen Axiome, der Grundsatz der Identität, des Widerspruches, des ausgeschlossenen Dritten und vielleicht noch andere. Ich kann gar nicht denken, daß ein Urteil wahr und zugleich nicht wahr sein könne, ebensowenig, daß es weder wahr noch nicht wahr sein könne. Der Versuch, diese logischen Axiome als falsch zu denken, mißlingt, ich kann sie demnach nur als richtig beurteilen, wenn ich sie beurteilen will. In diesem Sinne sind die Axiome denknotwendig gewiß.

Und doch hat man auch die Gültigkeit der logischen Axiome in Zweifel gezogen. Nicht nur radikale Skeptiker haben es gewagt; die Schöpfer großer metaphysischer Systeme haben den Satz vom Widerspruch angefochten. Hegel (der über Nikolaus von Cusas und Giordano Brunos Lehre vom Zusammenfallen der Gegensätze noch hinausging) meinte, der Widerspruch sei so weit entfernt, das Kriterium der Falschheit zu sein, daß er vielmehr notwendig als Wurzel aller Veränderung, Bewegung, Lebendigkeit bestehe.

Der Bestreitung der Gewißheit logischer Axiome gegenüber befinden wir uns in einer ähnlichen Situation, wie der materialistischen Ablehnung des gegebenen Bewußtseins gegenüber. Da die logischen Axiome bestritten werden, sollten wir sie als

zweifelhaft betrachten. Wir können uns nicht dazu entschließen; vielmehr vermuten wir, daß jener Bestreitung Trugschlüsse und Mißverständnisse zugrunde liegen. Versuchen wir aber die logischen Axiome zu beweisen, so stehen zwei Wege offen. Der erste Weg, das deduktive Beweisverfahren, setzt die logischen Axiome voraus, läuft also auf einen Zirkel hinaus und kann daher den Zweifler nicht zur Überzeugung führen. Daneben hat man einen zweiten Weg eingeschlagen. J. St. Mill hat versucht, den Satz vom Widerspruch mit Hilfe des induktiven Verfahrens aus der Erfahrung abzuleiten. Über das induktive Verfahren und die Art seiner Gewißheit werden wir noch zu sprechen haben. Jedenfalls können wir schon vorwegnehmen, daß dies induktive Verfahren mehr voraussetzt als die unmittelbare Gewißheit der gegebenen Bewußtseinsinhalte. Also läßt sich die Richtigkeit der logischen Axiome überhaupt nicht beweisen, wenn man nur die Gewißheit des Gegebenen voraussetzt. Wir machen demnach über die Gewißheit des Gegebenen hinaus die Annahme der Richtigkeit der logischen Axiome, die wir entweder überhaupt nicht oder nur empirisch — induktiv beweisen können. Ist der letztere Beweis möglich, so setzen wir doch für diesen mehr voraus, als die Gewißheit des Gegebenen. Wir hätten nun diese neuen Voraussetzungen zu prüfen. Wir werden im folgenden sehen, daß die Voraussetzungen der Induktion wieder unbewiesen bleiben. Wir hätten durch den induktiven Beweis demnach die logischen Axiome nur auf andere unbewiesene Voraussetzungen zurückgeführt.

Mag der induktive Beweis logischer Axiome zulässig sein oder nicht, zuletzt stehen jedenfalls auch hinter den logischen Axiomen unbewiesene Voraussetzungen. Wir haben also zum zweiten Male den Fall, daß wir etwas für unbedingt gewiß halten, was angezweifelt, bestritten worden ist und was wir dem radikalen Zweifler nicht beweisen können.

Wieder können wir uns damit trösten, daß unsere eigentlichen Gegner, die Bekämpfer der Außenweltshypothese, nicht in den Reihen der Zweifler zu stehen pflegen. Sie bleiben mit uns einig auch in diesem zweiten Punkte. Wir halten demnach an der Gewißheit dieser logischen Axiome fest.

Zu der zweiten Klasse von Voraussetzungen mag noch

einiges hinzugefügt werden. Die Gewißheit deduktiver Ableitungen stützt sich auf die der logischen Axiome. So basieren die Folgerungen durch Opposition auf dem Satze vom Widerspruch. Wenn es wahr ist, daß die Summe der Winkel in allen ebenen Dreiecken zwei Rechte beträgt, so ist es falsch, daß in einigen ebenen Dreiecken die Winkelsumme nicht zwei Rechte beträgt. Dabei ist zu beachten, daß nicht die Gewißheit der tatsächlichen Voraussetzung, der Prämisse, uns hier interessiert. Über diese folgt nichts aus dem Satze vom Widerspruch, wenn die geometrischen Urteile in der Tat synthetischer Natur sind. Nur die Gewißheit der Ableitung des Schlußsatzes folgt aus diesem Satze, und nur diese kommt hier in Frage. Wenn dies und das angenommen wird, so folgt mit Gewißheit das deduktiv Ableitbare. Das gilt für alle deduktiven Schluß- und Beweisverfahren ebenso, wie für die Folgerungen durch Opposition, die wir als Beispiel heranzogen.

Ein wichtiger Spezialfall deduktiver Gewißheit verdient noch Erwähnung: die Gewißheit der sogenannten analytischen Urteile. Ohne auf die Schwierigkeiten, die in der Unterscheidung der analytischen und synthetischen Urteile stecken mögen, einzugehen, können wir die folgende Überlegung anstellen. Unter einer Nominaldefinition oder einer Definition schlechthin wollen wir die Erklärung dessen verstehen, was mit einem Worte gemeint ist, so daß dies Wort im Verlaufe der wissenschaftlichen Arbeit sicher angewandt werden kann. In der Definition sind also die charakterisierenden „Merkmale“ des „Begriffes“ anzugeben, den ich durch das Wort bezeichnen will. Als chemische Elemente definierten, d. h. bezeichneten die Chemiker solche Stoffe, die durch die Mittel der chemischen Analyse nicht weiter zerlegbar waren, auch nicht durch Verbindung anderer Stoffe erzeugt werden konnten usw. Ob chemische Elemente in diesem Sinne existieren, ob es nicht weiter zerlegbare Stoffe gibt, darüber kann natürlich die Definition nicht entscheiden. Zeigte die Erfahrung etwa sofort, daß es „Elemente“ in diesem Sinne nicht gibt, so würde dadurch die Definition vielleicht überflüssig, zwecklos. Von einer Widerlegung der Definition aber könnte streng genommen nicht gesprochen werden; denn in der Definition wird ja nicht behauptet, daß derartige Stoffe existieren müßten,

sondern nur, daß, wenn sie existieren, sie als Elemente bezeichnet werden sollen. Denken wir uns, der Chemiker hätte indessen einen Stoff gefunden, den er, wie Gold, weder weiter zerlegen noch aus anderen Stoffen aufbauen könnte, so würde er vielleicht bei dieser Gelegenheit Anlaß haben, darauf zu verweisen, daß ein Element nicht weiter zerlegt werden kann. In diesem Urteil: ein Element kann nicht weiter zerlegt werden, würde er von dem Element ein Merkmal (die Unzerlegbarkeit) aussagen, das ihm durch die Definition zugesprochen ist. Diese Aussage würde auch den Charakter deduktiver Gewißheit tragen, denn sie stützt sich in ihrer Ableitung aus der Definition auf das Axiom (oder hier etwa auf die logische Norm) der Identität. Derartige Urteile, die ein durch die Definition dem Begriffe zugesprochenes Merkmal von diesem aussagen, mögen als analytisch bezeichnet werden. Ich weiß, daß sich diese Definition analytischer Urteile nicht genau mit der üblichen deckt, weil sie etwa zu eng ist. Hier finde ich den vorgeschlagenen Sprachgebrauch aber zweckmäßig. Bleiben wir bei demselben, so ist die Ableitung eines Urteils aus einer Definition ebenso deduktiv gewiß, wie die Ableitung einfachster Folgerungen. Wie aber die Definition keine Sicherheit geben kann, ob etwas unter den Begriff Fallendes in Wirklichkeit existiert, so kann auch die Gewißheit der Ableitung des analytischen Urteils nicht die Existenz von etwas gewährleisten, für das unser analytisches Urteil gültig wäre.

Die analytischen Urteile forderten eine besondere Erwähnung, weil sie im folgenden öfters eine Rolle spielen. Nachdem wir festgestellt haben, was unter der Gewißheit derselben zu verstehen ist, können wir jetzt zusammenfassend sagen, daß es eine Gewißheit des deduktiven Denkens neben der Gewißheit des Gegebenen für uns gibt. Wir werden also in Übereinstimmung mit den Gegnern der Außenweltshypothese alles anerkennen, was sich aus dem momentan Gegebenen mit Hilfe der logischen Axiome und der deduktiv-analytischen Ableitungsweisen ergibt.

Jeder Versuch zeigt jedoch, daß wir mit Hilfe deduktiver Schlüsse über das momentan Gegebene nicht hinauskommen. Ich kann meine gegenwärtigen Bewußtseinsinhalte durch Urteile als gewiß gegeben, als eine Vielheit, als untereinander verschiedenen usw. festlegen, und aus diesen Urteilen Schlüsse ziehen.

Immer aber werden die Schlußsätze sich nur auf das mir momentan Bewußte beziehen. Denn im Schlußsatz eines Deduktionschlusses können nur Subjekte und Prädikate vorkommen, die schon in den Prämissen vorkamen. Da nun das Material der Prämissen zuletzt das mir momentan Bewußte ist, können die materialen Bestandteile der Prämissen, d. h. ihre Subjekte und Prädikate, nur Gegebenes bieten. Also geben Subjekt und Prädikat des Schlußsatzes ebenfalls nur mir momentan Bewußtes. Ich komme auf deduktiv-analytischem Wege über das mir augenblicklich Bewußte nicht hinaus.

Indessen ist die Wissenschaft über das Gegebene im Sinne des dem Subjekt momentan Bewußten immer hinausgegangen. Wollen wir sie nicht auf das enge Gebiet des Gegebenen beschränken, so müssen wir weitere Voraussetzungen machen, die sich aus dem bisher Zugestandenen nicht beweisen lassen. Dächten wir aber einen Augenblick daran, der Wissenschaft die Flügel gründlich zu beschneiden und sie in den engen Käfig des momentan dem Subjekt Bewußten zu setzen, so würden wir alsbald einsehen, daß wir vielleicht ohne eine weitergehende Wissenschaft, nicht aber ohne ein das momentan Gegebene transzendierendes Wissen leben können. Die Not des Lebens verlangt ein Wissen über Vergangenheit und Zukunft. Betrachten wir zunächst die Frage nach der Erkenntnis der Vergangenheit.

Wir beginnen die Diskussion des Problems mit der Sammlung der zu berücksichtigenden Tatsachen. Noch einmal sei daran erinnert, daß die deduktiv-analytische Bearbeitung des momentan Gegebenen die Kenntnis und überhaupt die Idee der Vergangenheit nicht liefern kann. Unter den momentan mir gegebenen Bewußtseinsinhalten gibt es jedoch eine besondere Klasse von Inhalten, die irgendwie uns die Vergangenheit vermitteln; es sind die Erinnerungen. Diese Erinnerungen sind gegenwärtige Bewußtseinsinhalte, wie Gefühle usw. Aber wir sehen in den Erinnerungen mehr als das; wir betrachten die Erinnerungen als Repräsentate, als Hinweise für und auf etwas, das wir als den Gegenstand der Erinnerung bezeichnen wollen, von dem wir meinen, es habe einmal existiert, obwohl es jetzt nicht im Gegebenen zu finden ist. Ich erinnere mich der Gefühle, die ich

an meinem ersten Schultage empfand. Diese meine Erinnerung jener einigermaßen gemischten Gefühle ist ein gegenwärtiger Bewußtseinsinhalt, und als solcher unmittelbar gewiß. Aber wir sehen in der Erinnerung mehr. Ich bin überzeugt, daß diese Erinnerung an jene Gefühle eine Darstellung von etwas ist, das mir nicht jetzt als bewußt gegeben ist, sondern das mir einst gegeben war. Ich behaupte nicht nur, daß jetzt meine Erinnerung existiert, sondern auch, daß der Gegenstand der Erinnerung, die Gefühle, einst existiert haben. Mit dieser Behauptung überschreite ich sicher das Gegebene bedeutend. Neben dem Gegebenen oder vor ihm setze ich etwas jetzt nicht Gegebenes voraus, setze voraus, daß dies Nichtgegebene etwas Gegebenes zurückgelassen hat und daß ich dies Zurückgelassene als solches¹⁾, als Repräsentation des Nichtmehrgegebenen in Anspruch nehmen darf. Ich betone jetzt nur die Tatsächlichkeit dieser Deutung des Teils des momentan Gegebenen, den wir als Erinnerung bezeichnen. Ob wir diese Deutung anerkennen dürfen bei unserer Diskussion, wollen wir nachher prüfen. — Ferner ist es eine Tatsache, daß die Zulässigkeit der Deutung im konkreten Einzelfall oft bestritten wird. Ich behaupte, mich dieses Erlebnisses zu erinnern, dies Erlebnis einst miterlebt zu haben. Man wendet mir ein, ich bilde mir das nur ein. Zuweilen komme ich selbst zu der Überzeugung, daß meine Deutung in diesem und jenem Falle falsch war. Und doch bleibt mir die Deutung, die Annahme eines Vergangenen, im ganzen gewiß, trotzdem ich die Voraussetzungen der Deutung absolut nicht zu beweisen vermag, trotzdem selbst die Deutung oft zweifelhaft, zuweilen sicher falsch sein kann.

Daß die Voraussetzungen der Deutung unbeweisbar sind, versteht sich von selbst. Aus dem jetzt Gegebenen ist das Vergangene nicht deduktiv ableitbar. Damit ich die Erinnerung als Repräsentation eines Vergangenen deuten kann, muß ich annehmen, daß das Vergangene die Erinnerung zurückläßt und diese als Repräsentation des Vergangenen erkennbar ist. Ich muß das Vergangene voraussetzen, um die Deutung der Er-

¹⁾ Vergl. Kants Begriffe der Reproduktion und der Rekognition. Kritik d. r. Vern. I. Aufl. S. 97 und S. 103.

innerung beweisen zu können. Bestreitet jemand die Zulässigkeit der Deutung, so ist an einen Beweis mit Hilfe der von uns bisher zugelassenen Voraussetzungen nicht zu denken.

Oder sollte uns doch eine Möglichkeit des Beweisens entgangen sein? Unter Erinnerungen versteht man Vorstellungen, die vergangene Bewußtseinsinhalte repräsentieren. Also brauche ich zu den Erinnerungen nicht erst das Vergangene hinzuzudeuten, sondern die Beziehung auf das Vergangene folgt analytisch, mit Notwendigkeit aus dem Begriffe der Erinnerung selbst. — Nach den vorangeschickten Erörterungen über die Natur der Gewißheit analytischer Urteile erkennen wir in dieser Begründung sofort eine Erschleichung. Definiert man die Erinnerung durch jene Beziehung auf Vergangenes, so fragt es sich eben, ob im Gegebenen solche Vorstellungen sich finden, die auf Vergangenes zu deuten sind und die daher als Erinnerungen bezeichnet werden dürfen. Dann muß wieder von einem Teil der Bewußtseinsinhalte die Zulässigkeit jener Deutung vorausgesetzt werden; sonst gibt es eben nichts, was nach jener Definition Erinnerung heißen darf.

Wir kommen also an den Voraussetzungen nicht vorbei. Wir müssen annehmen, was bezweifelt werden kann, daß ein Vergangenes existiert hat und daß unsere Erinnerungen auf dieses Vergangene so bezogen werden dürfen, daß Urteile über das Vergangene möglich sind. Trotz des mangelnden Beweises hält der naive Mensch das Existierthaben des Vergangenen für so gewiß, wie das Existieren des jetzt Gegebenen und die Sicherheit logischer Axiome und deduktiver Ableitungen. Dagegen hält er die Richtigkeit der Deutung im Einzelfalle für zweifelhaft. Der an erkenntnistheoretische Überlegungen Gewöhnte ist geneigt, Gradabstufungen der Gewißheit zu machen. Am höchsten wird ihm die Gewißheit des momentan Gegebenen und der logischen Axiome stehen. Trotz aller Bedenken wird auch die Gewißheit der Deutung der Erinnerungen auf ein Vergangenes überhaupt noch ungemein stark bleiben. Wieder etwas, wenn auch nur sehr wenig, sinkt die Gewißheit, wenn es sich darum handelt, ob der Modus, die Art und Weise der Deutung die richtige ist im allgemeinen, d. h. ob wir das Vergangene als vergangene Vorstellungen, Gefühle, Wollungen deuten dürfen,

wenn, wie wir sagen, „Erinnerungen an“ Vorstellungen, Gefühle oder Wollungen vorliegen. Es könnte ja sein, daß die Erinnerung von etwas ganz anderem stammte, als von Vorstellungen, Gefühlen oder Wollungen, daß die Beziehung auf ein Vergangenes zwar stimmte, nicht aber die angenommene Beziehung auf ein Vergangenes bestimmter Art. Oder vielleicht könnte das, was wir als Erinnerung an ein Gefühl deuten, gerade immer von einer Vorstellung stammen. Diesen Möglichkeiten gegenüber meinen wir, meint auch der Erkenntnistheoretiker mit immer noch starker Gewißheit annehmen zu müssen, daß auch die Art und Weise der Deutung wenigstens im Prinzip richtig sei. Er hält mit Gewißheit nicht nur die Annahme einer Erkenntnis des Vergangenen überhaupt, sondern auch die eines qualitativen, inhaltlichen Erkennens dieses Vergangenen im Prinzip fest. Freilich gibt auch er zu, daß im Einzelfalle diese Deutung falsch sein könne. Der einzelnen Deutung kommt demnach der relativ geringste, je nach der Sachlage hohe oder niedrige Grad der Gewißheit zu.

Wenn wir nun zum dritten Male einen unbewiesenen Komplex von Voraussetzungen, die Vergangenheitsannahmen, aufnehmen, so bleibt uns wieder der Trost, daß auch die Gegner der Außenweltshypothese mit uns diese Voraussetzungen machen. Jeder Mensch, mag er auch theoretisch die Voraussetzungen als unbewiesen ablehnen, muß sie doch im praktischen Wissen anerkennen, denn sie sind im Verein mit gleich zu besprechenden weiteren unbewiesenen Annahmen notwendig zur Erhaltung des Lebens.

Vorher aber möge noch eine tröstliche Bemerkung eingefügt werden. Sind auch die dreifachen Voraussetzungen, die wir gemacht haben, nicht durcheinander beweisbar, so sind sie doch miteinander verträglich. Es gelingt, aus dem Material meiner vergangenen und gegenwärtigen Bewußtseinsinhalte eine Geschichte meines individuellen Bewußtseinslebens zu konstruieren, die nirgendwo mit den logischen Axiomen in Konflikt gerät. Damit eine derartige Bewußtseinsgeschichte widerspruchsfrei möglich wird, muß ich zwar in Einzelfällen Erinnerungsdeutungen als falsch verwerfen. Die schwächere Überzeugung, die den einzelnen Deutungen zukommt, weicht dann vor der stärkeren,

die wir von den logischen Axiomen haben. Aber die Überzeugung von der prinzipiellen Richtigkeit der Erinnerungsdeutungen ist mit der von der Gewißheit der logischen Axiome und der jetzt gegebenen Bewußtseinsinhalte wohl verträglich. Sind also unsere bisherigen Voraussetzungen auch nicht durcheinander beweisbar, so sind sie doch auch nicht durcheinander widerlegbar.

Wollte ich mich mit diesem historischen Wissen, der Erkenntnis meiner gegenwärtigen und vergangenen Bewußtseinsinhalte zufrieden geben, so wäre das mein sicheres Verderben. Notwendiger als die Einsicht in die Vergangenheit ist für den Menschen der Ausblick in die Zukunft. Ohne Wissen um die Zukunft keine Sorge für sie, und ohne Vorsorge, bewußte Vorsorge für die Zukunft ist der Mensch existenzunfähig. Wie das Tier auf seine Instinkte, so ist der Mensch angewiesen auf das Vorauswissen um die Zukunft. So sehen wir denn auch, daß der ärgste Skeptiker im Leben auf sein Vorauswissen baut. Wenn aber von einem alten Zweifler berichtet wird, er sei bissigen Hunden nicht aus dem Wege gegangen, so zeigt eben das Lächerliche einer solchen Konsequenz, wie selbstverständlich wir die Notwendigkeit des Wissens um die Zukunft im Leben finden.

Und doch ist ein Wissen von der Zukunft und vom Zukünftigen aus unseren bisherigen Voraussetzungen nicht ableitbar. Ich mag Urteile, die sich allein auf Vergangenes und Gegenwärtiges beziehen, und zwar sowohl ihrem Subjekt wie ihrem Prädikat nach, zu Deduktionsschlüssen zusammenfügen, wie ich will, immer stecken wieder Subjekt und Prädikat des Schlußsatzes in Vergangenheit und Gegenwart. Denn Subjekt und Prädikat des Schlußsatzes müssen als Subjekt oder Prädikat in den nur von Vergangenheit und Gegenwart handelnden Prämissen schon enthalten sein.

Wieder sind unbewiesene Voraussetzungen nötig. Ich muß die Zukunft und das Zukünftige auch ohne deduktiven Beweis anerkennen. Ist aber vielleicht ein induktiver Beweis möglich? Auf das Vergangene folgte immer bisher ein Gegenwärtiges, das dann wieder zum Vergangenen wurde. Also wird auch auf das jetzt gerade Gegenwärtige, wenn es ein Vergangenes sein wird, etwas folgen, was einst gegenwärtig sein wird, und das

ist das Zukünftige. Zu diesem induktiven Schluß ist nur zu sagen, daß er eben nichts anderes ist, als die Annahme des Zukünftigen. Anstatt zu sagen, ich setze das Zukünftige voraus, kann ich auch sagen, ich setze die Gültigkeit dieses Induktionschlusses voraus.

Indessen ist die induktive Formulierung der Annahme einer Zukunft nicht bedeutungslos. Auf der Induktion beruhen nämlich auch alle Aussagen über die Details der Zukunft. Nicht nur, daß eine Zukunft kommen wird, kann ich induktiv erschließen, sondern auch, wie diese Zukunft sein wird. Die beiden Voraussetzungen, einerseits die einer Zukunft überhaupt, andererseits die über die Art und Weise dieser Zukunft, kann ich also zusammenfassen in der einen von der Gültigkeit der Induktion für die Zukunft.

Wir müssen uns demnach die Voraussetzung der Gültigkeit der Zukunftsinduktion etwas genauer ansehen. Wenn ich mir die Geschichte meines individuellen Bewußtseins vergegenwärtige, so finde ich in ihr neben scheinbar ganz zusammenhanglosen Sukzessionen eine große Zahl von merkwürdig regelmäßigen Aufeinanderfolgen. Die einfachste Form der regelmäßigen Aufeinanderfolge liegt dann vor, wenn der folgende Zustand dem Vorhergehenden gleich ist, d. h. wenn etwas konstant bleibt, in der Zeit beharrt. Solche Fälle des Beharrens von Inhalten finde ich sehr häufig, eigentlich überall in der Vergangenheit. Aber dies Beharren ist kein absolutes, mein Bewußtsein besteht nicht aus einer Gesamtheit von unveränderlichen Inhalten. Alte Inhalte gehen und neue treten auf. Auch in den Sukzessionen, die als Veränderungen zu bezeichnen sind, zeigt sich oft eine gewisse Regelmäßigkeit. Auf gewisse Wahrnehmungen folgen (in meiner individuellen Bewußtseinsgeschichte), wenn nicht immer, so doch auffällig oft bestimmte andere. Fast immer, wenn ich die Gesichtswahrnehmung des Losschießens eines Gewehrs hatte, folgte die Gehörs wahrnehmung des Knalles. Fast immer, wenn ich die Gesichtswahrnehmung einer nahen Flamme hatte, folgte sehr bald die Temperaturwahrnehmung der Wärme. Ziemlich regelmäßig folgte auf die Gesichtswahrnehmung des Fallens eines Menschen der Affekt eines Erschreckens. Der Vorstellung der Ferien pflegen regelmäßig Erinnerungen aus

den Schülerjahren, dazu gewisse Gefühle zu folgen. Dem Wollen einer Handbewegung folgen Muskel-, Gelenk- und Hautempfindungen, oft auf Gesichtswahrnehmungen usw.

Wie indessen das Beharren von Inhalten kein unbedingtes ist, so ist auch die Regelmäßigkeit der Sukzession von Verschiedenem keine unbedingte. Vielleicht ist in der Geschichte meines Bewußtseins zwanzigmal auf den Inhalt a der Inhalt b gefolgt. Beim einundzwanzigsten Auftreten von a ist b ausgeblieben. In weiteren fünfundzwanzig Fällen folgte dann auf a wieder regelmäßig b. Forste ich in meiner Geschichte etwas genauer nach, so finde ich vielleicht, daß in den ersten zwanzig und den letzten fünfundzwanzig Fällen dem b nicht nur a vorausging, sondern außerdem noch α . Im einundzwanzigsten Falle dagegen fehlte das α . Es gelingt mir also, die Sukzession zu einer ausnahmslosen zu machen, indem ich nicht a allein, sondern $a\alpha$ als regelmäßiges Antezedens in Anspruch nehme.

Um Lücken in der Regelmäßigkeit ausfüllen zu können, gehe ich noch viel weiter. — Es ist eine Tatsache, daß ich mich zuweilen eines Erlebnisses, dessen ich mich längere Zeit nicht erinnerte und nicht erinnern konnte, nachher wieder erinnert habe. Als ich mich des Erlebnisses noch nicht erinnert hatte, hatte ich also ein Erlebnis einmal gehabt, daß nicht in meiner Geschichte des individuellen Bewußtseins verzeichnet stand. Aus dem Vorkommen dieser Fälle schließe ich induktiv, daß auch jetzt noch Lücken in meiner Geschichte sein werden. Diesen Induktionsschluß kann ich dem nicht beweisen, der nur die alten drei Voraussetzungen in Bezug auf momentan Gegebenes, deduktive Ableitung und Erinnerungsdeutung zugestehen wollte. Wir alle geben aber nicht nur die Lücken in der Geschichte zu, wir bemühen uns auch alle, sie mit Rücksicht auf jene Regelmäßigkeiten zu beseitigen. Ich bin überzeugt, daß auch in Wochen meines Lebens, deren ich mich gar nicht mehr erinnern kann, auf die Wahrnehmung des Abfeuerns einer Büchse unmittelbar die Wahrnehmung des Knalles folgte, die Wahrnehmung des Tageslichtes längere Zeit beharrte, auf diese Wahrnehmung aber schließlich die andere der Dunkelheit der Nacht folgte.

Es ist sehr beachtenswert, daß wir schon an dieser Stelle den Regelmäßigkeiten zu Liebe über das momentan Gegebene

und die Gegenstände der Erinnerung hinausgehen und etwas annehmen, was kein Deduktionsschluß uns erweisen kann. Gelingt es nun durch diese mit dem bisherigen nicht zu beweisenden Annahmen die Regelmäßigkeiten in der Geschichte meines Bewußtseinslebens zu absoluten zu machen? Wir müssen diese Frage verneinend beantworten in folgendem Sinne. Denke ich mir einmal, ich hätte den ganzen Strom meines vergangenen und gegenwärtigen Bewußtseins klar und lückenlos vor mir liegen, so daß mir kein einziger Inhalt entginge. Dann würden immer noch Inhalte in Menge vorliegen, die in keine Regelmäßigkeit passen würden. Ich erwähne z. B. Wahrnehmungen, die ich überhaupt nur einmal mache. Aber es würden auch Fälle folgender Art sicherlich nicht zu beseitigen sein. Auf die Kombination von Inhalten $a_1 a_2 \dots a_n$ würde immer, vielleicht nur in einem Falle nicht, das b gefolgt sein. Untersuchte ich nun den Ausnahmefall einerseits, die Gesamtheit der anderen Fälle andererseits, so würde in manchen Fällen zweifellos im vollständigen Bewußtseinsstrom nichts zu finden sein, was allein im Ausnahmefalle dem b nicht vorausgegangen wäre, in den anderen Fällen aber immer neben den $a_1 a_2 \dots a_n$ gegeben gewesen wäre. Mit anderen Worten, es würde uns nicht gelingen, durch Hinzunahme eines a_{n+1} etwa eine regelmäßige Sukzession von b auf die Kombination $a_1 a_2 \dots a_n a_{n+1}$ zu gewinnen. Vor solchen Fällen meinen wir immer dann zu stehen, wenn wir Ursachen annehmen, die nicht in meinem vergangenen oder gegenwärtigen Bewußtsein stecken, also fremdes Bewußtsein, unbewußtes Psychisches, Materie oder so etwas als Ursachen zu unseren eigenen vergangenen oder gegenwärtigen Bewußtseinsinhalten hinzu in Anspruch nehmen. Ob die Annahme solcher Ursachen zu Recht besteht, geht uns hier nichts an. Jedenfalls kann uns diese Annahme als Hinweis auf Lücken in der Regelmäßigkeit in unserem Bewußtseinsstrom dienen.

Nehmen wir nun einmal an, wir hätten ein absolut vollständiges Wissen über den eigenen Bewußtseinsstrom in Vergangenheit und Gegenwart und über alle Regelmäßigkeiten in seinem Verlaufe. Wenden wir den ganzen Apparat der deduktiven Schlußverfahren auf diese Erkenntnisse an, so werden wir, wie früher bewiesen wurde, doch nie einen Schlußsatz gewinnen,

in dem irgendetwas von der Zukunft enthalten wäre. Auch die Regelmäßigkeiten, mögen sie nun absolut oder lückenhaft sein, bleiben immer nur Regelmäßigkeiten des Vergangenen und Gegenwärtigen.

Trotzdem nehmen wir alle an, daß auch in Zukunft auf den Schuß der Knall, auf den Tag die Nacht, und daß auf den gegenwärtigen Tag eine zukünftige Nacht folgen wird. In der Voraussetzung, daß auch in der Zukunft die Regelmäßigkeiten, sei es absolut oder nur lückenhaft, fortbestehen, besteht die notwendige Grundvoraussetzung der Zukunftsinduktion. Diese Voraussetzung muß ich annehmen, unbewiesen hinnehmen, wenn ich über die Zukunft etwas ausmachen will. Ich kann diese Voraussetzung, wie die des Bestehens einer Zukunft überhaupt, als Schlußsatz eines induktiven Beweises darstellen; gewiß, aber dieser induktive Beweis für die Zukunft fordert nichts anderes als das Setzen dieser Voraussetzung, wie der einer Zukunft überhaupt.

Wir haben gesehen, daß auch die bei der Erinnerungsdeutung gebliebenen Lücken im Vergangenen den feststellbaren Regelmäßigkeiten gemäß beseitigt werden. Auch für das Erschließen des Zukünftigen ist unser Wegweiser die feststellbare Regelmäßigkeit des Vergangenen. In beiden Fällen zeigt sich das gemeinsame Verfahren, auch dort die Regelmäßigkeiten weiter anzunehmen, wo eine Erkenntnis auf Grund des direkt oder durch Erinnerung Gebotenen unter Anwendung der Deduktion versagt. Wir können vielleicht psychologisch dies Vertrauen auf das Fortbestehen der Regelmäßigkeiten in sonst nicht erkennbarer Vergangenheit und Zukunft erklären, wie das der Empirismus versucht. Aber dies Erklären setzt dann Induktionen, und damit jenes Vertrauen voraus. Solche Erklärungen sind deshalb nicht wertlos, aber sie wären nicht geeignet, jemandem das Vertrauen einzuflößen, der es noch nicht hätte.

Vielleicht gibt es aber doch einen Weg, auf dem der zu jenem Vertrauen kommen könnte, welcher es noch nicht besäße. Da wäre an die Tatsache zu erinnern, daß man, wenn man früher induktiv im Vertrauen auf das Fortbestehen jener Regelmäßigkeiten geschlossen hat oder nur hätte, man recht oft, allerdings nicht immer, dies Vertrauen bestätigt gefunden hat oder haben

würde. Ist diese Einsicht nicht geeignet, das Vertrauen zu erwecken? Nein, denn es setzt wieder eine Induktion voraus, wenn aus dieser bisherigen Regelmäßigkeit der Bestätigung des Vertrauens auf künftige Bestätigungen des Vertrauens geschlossen wird. Besteht das Vertrauen zu der Regelmäßigkeit überhaupt nicht, so können die erlebten Bestätigungen auch nicht zu ihm verhelfen, denn in ihnen steckt ebensowenig eine Bürgschaft für die Zukunft, wie in irgendwelchen anderen Regelmäßigkeiten. Wohl aber sind diese Bestätigungen in hohem Maße geeignet, das einmal vorhandene Vertrauen auf die Induktion zu verstärken, denn auf Grund der oft erlebten Bestätigungen können wir auf künftige Bestätigungen schließen und so jede Induktion stärken.

Es bleibt demnach nichts übrig, als den Grundgedanken des induktiven Schließens auf zukünftige und vergangene Inhalte meines Bewußtseins einfach anzuerkennen. Wir machen damit wieder eine Voraussetzung, die wir dem nicht beweisen können, der sie nicht annimmt. Wir nehmen an, daß die beobachteten Regelmäßigkeiten in meinen Bewußtseinsinhalten, die ich aus dem gegenwärtig Gegebenen und der Erinnerungsdeutung kenne, auch gelten über dies Gebiet hinaus, für das ganze Gebiet meines vergangenen und zukünftigen Bewußtseins. Wie wir für die Vergangenheit des individuellen Bewußtseins Lücken in dieser Regelmäßigkeit anerkennen mußten, so werden wir auch überzeugt sein, daß sich gelegentlich auch zukünftige Inhalte in den gesetzlichen Zusammenhang nicht einordnen lassen werden. Es werden in meinem Bewußtsein Inhalte auftreten, die ich nicht induktiv vorhersagen konnte, und andere Vorhersagen werden sich nicht bestätigen. Und das wird auch dann eintreten können, wenn bisher etwa auf $a_1 a_2 \dots a_n$ immer b folgte, und ich daher aus dem Eintreten von $a_1 a_2 \dots a_n$ auf das Eintreffen von b geschlossen habe. Den induktiven Urteilen, die auf Grund der Daten meiner individuellen Bewußtseinsgeschichte über meine vergangenen und zukünftigen Bewußtseinsinhalte aussagbar sind, kommt also nie volle Gewißheit, immer nur Wahrscheinlichkeit zu. Nun kann es offenbar vorkommen, was im Leben sehr oft geschieht, daß zwei induktiv gewonnene Urteile einander widersprechen. Da wir von vornherein diesen Urteilen nur Wahrscheinlichkeit zuschreiben durften, werden wir genau so ver-

fahren, wie bei Erinnerungsdeutungen, die mit logischen Axiomen oder deduktiven Ableitungen in Konflikt kommen. Wir opfern die induktive Überzeugung der deduktiven Gewißheit. Wir halten an den logischen Axiomen fest, also etwa an der Richtigkeit des Satzes vom Widerspruch, und nehmen an, daß eines der beiden induktiv gewonnenen Urteile falsch war.

Etwas Beunruhigendes liegt dennoch in der Tatsache, daß unsere Voraussetzung trotz nach dem bisherigen einwandfreier Anwendung zu falschen Resultaten führen kann. Aber auch die Erinnerungsdeutungen können uns irreführen, und auch in der Erinnerung finden wir kein absolutes Kriterium, auf Grund dessen wir eine wahre Deutung unter allen Umständen von einer falschen unterscheiden könnten. Wie wir aber auf Grund der Erinnerungsdeutung zur Konstruktion einer Vergangenheit des individuellen Bewußtseins gelangen konnten, deren Teile untereinander harmonierten, die in sich widerspruchsfrei war, so bleibt uns auch hier der gleiche Trost. Mache ich die Voraussetzung des Fortbestehens der durch Erinnerungsdeutung und momentan Bewußtes gelieferten Regelmäßigkeiten, so kann ich zu einem in sich harmonischen, widerspruchsfreien „Wissen“ über meinen gesamten vergangenen und zukünftigen Bewußtseinsstrom gelangen. Freilich werden in diesem „Wissen“ einige falsche Annahmen stecken, freilich wird mir in Zukunft allerlei ins Bewußtsein kommen, was nicht in die Regelmäßigkeiten paßt; auch in der Vergangenheit werden Durchbrüche der Regelmäßigkeit bleiben. Aber das alles hindert nicht, daß auf Grund der bisher gemachten Voraussetzungen widerspruchsfreie Erkenntnisse über Bewußtseinsinhalte möglich werden, die weder momentan gegeben, noch durch Erinnerungen repräsentiert sind.

Wir sind zur Anerkennung der Möglichkeit von Erkenntnissen über das ganze individuelle, vergangene, gegenwärtige und zukünftige Bewußtsein gelangt. Mit Befriedigung wollen wir an dieser Stelle noch einmal konstatieren, daß die Gegner der Außenweltshypothese auch in der Anerkennung der Induktionen mit uns einig sind, soweit diese sich auf das eigene vergangene und zukünftige Bewußtsein beziehen.

Nun wollen wir einen Schritt weiter gehen, den nicht alle unsere Ankläger mitmachen werden. Wurde Vergangenheit und

Zukunft nur von den ärgsten Skeptikern und auch von diesen nur in der Theorie, nicht im Leben, in Frage gestellt, so wird das Bewußtsein anderer Menchen und Tiere von Denkern geleugnet, die sich in Bezug auf die ersten Punkte keineswegs ganz dem Zweifel hingegeben haben, von den Solipsisten oder theoretischen Egoisten. Bisher habe ich noch nichts anerkannt als mein eigenes Bewußtsein, sofern es war, ist und sein wird. Ob daneben noch etwas anderes, z. B. Bewußtsein in anderen Menschen besteht, darüber wurde im vorhergehenden noch nichts ausgemacht.

Bei der Einführung der bisher angenommenen Voraussetzungen konnten wir immer darauf verweisen, daß ohne sie der Mensch nicht leben könne. So steht es mit der Annahme von Bewußtsein bei anderen Menschen und Tieren nicht. Ich kann sehr wohl leben und für meine Zukunft sorgen, wenn ich glaube, daß außer meinem Bewußtsein nichts existiert, oder wenn ich überhaupt nichts darüber ausmache, ob neben meinem Bewußtsein noch etwas existiert. Aus den Wahrnehmungen der Handlungen anderer Menschen schließe ich induktiv darauf, welche Wahrnehmungen von Handlungen anderer Menschen später erfolgen werden, und dementsprechend richte ich mein Verhalten ein. Ob meinen Wahrnehmungen fremder Menschen etwas außer diesen Wahrnehmungen entspricht, Bewußtseinsinhalte in den fremden Menschen, brauche ich nicht zu wissen, um leben zu können. Wenn ich nur weiß, wie meine Wahrnehmungen eines Zornigen verlaufen werden, so kann ich mich danach richten, ob dabei irgendwie in einem fremden Bewußtsein etwas existiert, was meinem Affekt des Zornes ähnlich ist, ist für mich und mein Heil unwesentlich.

Läßt sich somit als Solipsist schon leben, so muß der Standpunkt doch ethisch bedenklich erscheinen. Bin ich überzeugt, daß fremde Lust und fremdes Leid überhaupt nicht existiert, so brauche ich mich nicht mehr darum zu bekümmern, wenn ich einen fremden Menschen im brennenden Haus hilflos sehe, als wenn ich ein fremdes Bett dort erblicke, falls ich keine Veranlassung habe zu glauben, daß mir der fremde Mensch einmal nützen kann. Existiert nur mein eigenes Wohl und Wehe, so brauche ich auch nur für das eigene zu sorgen. Der theoretische Egoismus bringt den praktischen mit sich. Assoziativ erregtes

Mitleid muß dem Solipsisten als eine Dummheit erscheinen, deren er sich erwehren wird, wie des kindlichen Mitleids mit einer Puppe.

Aber auch wenn wir ethischen Postulaten einen Einfluß auf unsere theoretischen Überzeugungen gerne einräumen wollen, werden wir doch versuchen, unsere Überzeugungen, soweit möglich, noch anders zu rechtfertigen.

Nun ist allerdings sofort klar, daß wir auf deduktivem Wege aus allen möglichen Urteilen über unser eigenes Bewußtsein nie die Existenz fremden Bewußtseins erschließen können. Versuchen wir es daher wieder einmal mit der Induktion, d. h. mit dem Vertrauen auf das Fortbestehen von Regelmäßigkeiten in Gebieten, die jenseits des Gebietes liegen, für das wir diese Regelmäßigkeiten bisher anerkannten.

Wir haben gesehen, daß wir vergangene Inhalte des eigenen Bewußtseins annehmen, die sich nicht durch Erinnerungsdeutung ergeben. Folgt auf $a_1 a_2 \dots a_n$ in dem Erinnernten sonst regelmäßig b , liegt aber ein Fall vor, in dem wir uns wohl noch der $a_1 a_2 \dots a_n$, nicht aber mehr des b erinnern, aber auch nicht erinnern, daß b nicht eingetreten ist, so nehmen wir an, daß b eingetreten, aber von uns vergessen worden sei. Wenn nur dann b auftritt, falls $a_1 a_2 \dots a_n$ aufgetreten waren nach der Deutung unserer Erinnerung, einmal aber b auftrat und wir uns nur des Vorhergehens von $a_2 \dots a_n$ erinnern können, nicht aber durch Erinnerung wissen, daß a_1 nicht mit $a_2 \dots a_n$ zusammen war, wenn wir ferner wissen, daß in den Fällen, in denen nach Bürgschaft der Erinnerung a_1 nicht, wohl aber $a_2 \dots a_n$ gegeben waren, b nicht auftrat, so nehmen wir bei jenem einen Falle an, daß a_1 auch in meinem Bewußtsein war, von mir aber vergessen worden ist. Ich nehme einfach an, daß die Regelmäßigkeiten weiter gelten, solange kein Widerspruch gegen Erinnerungsdeutungen und momentan Gegebenes entsteht. Und falls ein Widerspruch gegen Erinnerungsdeutungen entsteht, so werde ich oft lieber die Erinnerungsdeutung fallen lassen als die Annahme der Regelmäßigkeit, d. h. ich vermute, daß meine Erinnerung mich täuscht.

Genau so wie beim induktiven Erschließen von vergangenen Bewußtseinsinhalten, die nicht durch Erinnerungsdeutung geliefert werden, verfare ich auch beim Erschließen von fremdem Bewußt-

sein. Aus meiner individuellen Bewußtseinsgeschichte weiß ich auf Grund der Erinnerungsdeutung, daß Ausrufen der Freude und Trauer, die ich als Gehörs- und Bewegungswahrnehmungen hatte, regelmäßig starke Affekte vorhergingen.

Erinnere ich mich, daß ich einmal die Gehörs- und Bewegungswahrnehmungen eines solchen Ausrufes hatte, etwa einen Schrei ausgestoßen habe, so nehme ich an, daß ein Affekt vorherging, wenn die Erinnerung diese Deutung nicht verbietet. Höre ich nun einen Schrei, fehlen bei mir aber Affekt und Bewegungsempfindungen, so mache ich es genau wie vorhin. Ich nehme an, daß auch jetzt der Affekt vorhergegangen ist, auch daß die Bewegungsempfindungen dabei waren. Diese Annahme gerät mit meinen bisherigen nirgendwo in Konflikt, ebensowenig wie die von vergangenen Inhalten meines Bewußtseins, die ich nicht erinnern kann. Ich nehme hier wie dort etwas an, das mir nicht unmittelbar gegeben ist und dessen ich mich nicht erinnern kann. Daß neben meinem Bewußtsein noch weiteres Bewußtsein existiert, ist von vornherein weder wahrscheinlicher noch unwahrscheinlicher, als daß es nicht der Fall ist.

Durch die Annahme von fremdem Bewußtsein wird die Regelmäßigkeit schon viel weniger lückenhaft. Immer, wenn fremdes Bewußtsein in mein Bewußtseinsleben, oder meine Bewußtseinsinhalte auf fremdes Bewußtsein wirken, finde ich nun regelmäßige Antezedenzen und Konsequenzen, die mir sonst fehlten. Hört der Solipsist im dunklen Zimmer plötzlich eine Stimme, so fällt diese Wahrnehmung in den Verlauf seines Bewußtseins ohne irgendwelche regelmäßig vorhergehenden Existenzen herein. Nehmen wir aber das Bewußtsein eines zweiten Menschen in dem Zimmer an, so erhält diese Wahrnehmung ein regelmäßiges Antezedens in den Bewußtseinsvorgängen dieses anderen Menschen.

Dabei ist es von besonderem Interesse, daß die fremden Bewußtseinsinhalte, die wir so auf Grund von Lücken in unserem sonst regelmäßigen Bewußtseinszusammenhange annehmen, unter sich wieder einen in weiten Grenzen regelmäßigen Zusammenhang bilden. Es entsteht so ein Zusammenhang von induktiven Annahmen, den wir in folgender Weise schematisch darstellen können. Wenn ich auf Grund von Lücken in meinen Bewußtseinsregelmäßigkeiten induktiv auf fremde Bewußtseinsinhalte

$a_1 a_2 a_3 \dots a_s$ schließe, so bestehen zwischen diesen derartige Regelmäßigkeiten, daß ich $a_o a_p a_q a_r a_s$ auch induktiv erschließen könnte aus $a_1 a_2 a_3 a_4 a_5$, wenn ich diese nach Maßgabe der in mir sich abspielenden Regelmäßigkeiten induktiv ergänzen würde. Ferner: betrachte ich nur den fremden Bewußtseinsstrom für sich, so finde ich in dessen Regelmäßigkeiten eine Reihe von Lücken, die durch induktive Ergänzung wieder auf fremdes Bewußtsein führen. Diese dem fremden Bewußtsein fremden Bewußtseinsinhalte können zum Teil aber nach dem Charakter der betreffenden Regelmäßigkeiten nur meine eigenen Bewußtseinsinhalte sein. Wende ich also die Induktion, die von meinem zu fremdem Bewußtsein führte, wieder auf das fremde Bewußtsein an, so führt sie mich oft vom fremden auf mein eigenes Bewußtsein zurück. Der induktive Schluß, der von meinem zu fremdem Bewußtsein ging, bestätigt sich also direkt in seiner Anwendung auf fremdes Bewußtsein, soweit er auf das meinige zurückführt.

Dieser überaus merkwürdige und verflochtene Wechselzusammenhang geht noch viel weiter. Vom ersten fremden Bewußtsein komme ich auf ein zweites, drittes usw., über das sich induktiv bestimmte Aussagen ergeben. Aber ich komme auch direkt von meinem Bewußtsein aus auf jenes zweite und dritte usw., und die sich so ergebenden Aussagen harmonieren mit jenen. Nehme ich nun die große Zahl aller fremden Bewußtseine, die ich direkt von mir aus induktiv erschließe, und sehe ich, wie die Schlüsse von jedem der fremden Bewußtseine aus damit zusammenpassen, so entsteht eine großartige Harmonie von induktiven Annahmen, vor der der Solipsist ganz ratlos dastehen muß.

Ich brauche nicht auszuführen, wie diese Harmonie noch gewaltiger, für den Solipsisten noch rätselhafter wird, wenn ich die Bestätigungen betrachte, die die Hypothese vom fremden Bewußtsein in ihren Folgerungen auf zukünftiges erfahren hat. Wären die induktiven Schlüsse über mein eigenes Bewußtsein hinaus auf fremdes Bewußtsein falsch, so wäre gar nicht zu verstehen, weshalb diese Schlüsse immer in solcher Harmonie stehen müßten. Die Tatsache der Möglichkeit der Annahme all des fremden Bewußtseins, einer so komplizierten Hypothese, die einer so ungeheueren Vielheit von Erlebnissen gerecht wird, ist als solche doch bemerkenswert. Bestände die Annahme nicht

zu Recht, so wäre es doch als ein unglaublicher Zufall zu betrachten, daß wir eine so zusammengesetzte Fiktion überhaupt auf Grund der einfachen Voraussetzung des Fortbestehens von Regelmäßigkeiten erhalten könnten, die so unendlich oft bestätigt wurde. Ist diese einfache Voraussetzung falsch, unzulässig, woher kommt es dann, daß sie immer und immer wieder zu richtigen Resultaten führt? Schließe ich von bestimmten Wahrnehmungen, also Bewußtseinserscheinungen in mir auf fremde Bewußtseinsvorgänge, und von diesen fremden Bewußtseinsvorgängen nach demselben Prinzip wieder auf zukünftige Bewußtseinsvorgänge in mir, warum tritt dann der erschlossene Bewußtseinsvorgang in mir immer wieder ein, wenn es nicht deshalb ist, daß das Prinzip dieses Schließens richtig ist.

Wenn wir das gesamte Tatsachenmaterial betrachten, so werden wir annehmen müssen, daß der induktiven Erschließung von fremdem Bewußtsein eine an Gewißheit grenzende Wahrscheinlichkeit zukommt. Diese im Leben von der Gewißheit nicht mehr unterscheidbare Wahrscheinlichkeit kommt aber der Annahme schon deshalb zu, weil sie überhaupt möglich, d. h. mit keiner anzuerkennenden Tatsache und nicht mit sich selbst in Konflikt gerät. Wenn in der Anerkennung von fremdem Bewußtsein auf Grund der Induktion ein prinzipieller Fehler steckte, so müßte unter der Unzahl von Schlüssen, die auf diese Hypothese sich stützen, dieser prinzipielle Fehler irgendwo zum Vorschein kommen.

Die meisten Feinde der Außenweltshypothese nehmen denn auch mit uns die Existenz von fremdem Bewußtsein an. Sie geben auch zu, daß dies fremde Bewußtsein induktiv analogisch, d. h. auf Grund der Voraussetzung der Regelmäßigkeiten im Geschehen erschlossen ist. Sie werden ferner zugeben, daß die innere Harmonie der erschlossenen Erkenntnisse untereinander sehr für sie spricht.

Durch die Annahme von fremdem Bewußtsein ist die Regelmäßigkeit im Geschehen lückenloser geworden. Sie ist noch nicht absolut lückenlos. Noch immer brechen die meisten Sinneswahrnehmungen in die Bewußtseinsströme der Menschen und Tiere herein, ohne gesetzlich durch die vorhergehenden Bewußtseinsinhalte bestimmt zu sein, selbst wenn ich diese in ihrer Gesamtheit, bei allen Menschen und Tieren, betrachte. Was liegt nun näher als den alten Weg weiter zu gehen, die Regelmäßig-

keitsvoraussetzung weiter zu verfolgen! Hat sie mich bisher gut geführt, so wird sie mir auch in Zukunft wohl gute Dienste leisten. Das ist nichts als ein Induktionsschluß, nach dem wir uns im Leben immer richten. Genügen die vorhandenen Antezedenzen im Bewußtsein aller Menschen und Tiere nicht, um als unbedingt regelmäßige Antezedenzen der Wahrnehmungen zu dienen, zu müssen eben, soll Regelmäßigkeit in das Gewühl der Wahrnehmungen kommen, neue Antezedenzen anerkannt werden. Genau so kamen wir zu der Annahme vergangener Bewußtseinsinhalte, die uns nicht durch Erinnerung geliefert wurden, genau so zum Bewußtsein anderer Menschen und Tiere. Da nun die erforderlichen Antezedenzen der Wahrnehmung, mit denen wir uns jetzt beschäftigen, nicht in den Bewußtseinsströmen der Menschen und Tiere zu finden sind — sonst wären sie ja nicht nötig —, müssen wir sie außerhalb suchen. Die Gesamtheit dieser neuen Antezedenzen nennen wir Außenwelt¹⁾.

Wir machen die Hypothese der Außenwelt, wie die Annahme vergangener nicht mehr erinnerbarer Bewußtseinsinhalte in mir, und die fremden Bewußtseins der Regelmäßigkeit zu Liebe, die wir überall voraussetzen. Prüfen wir nun, wie sich die Hypothese bewährt. Da müssen wir sagen, sie könnte sich nicht besser bewähren. Sie bewährt sich so gut, daß selbst der ärgste Feind derselben im täglichen Leben sie nicht entbehren kann.

Sehen wir uns die Sache einmal etwas genauer an! Auf Grund meiner optischen Wahrnehmung sehe ich mich genötigt, den Antezedenzen derselben in Bewußtseinsströmen noch weitere hinzuzufügen. Ich sehe eine Straßenlaterne im Menschengewühl. Alle die übrigen Menschen, die in jener Richtung blicken, haben die Gesichtswahrnehmung der Laterne. Auf Grund meiner Wahr-

¹⁾ Die Gegner der Außenweltsannahme haben die Regelmäßigkeitsvoraussetzung zuweilen durch die Annahme von Bewußtseinsmöglichkeiten durchführbar zu machen gesucht. Der Stein, den keiner wahrnimmt, überhaupt alle Außenweltsdinge, sind solche Bewußtseinsmöglichkeiten. — Indessen leistet diese von J. St. Mill stammende Auffassung nur scheinbar den erwarteten Dienst. Entweder sind die Bewußtseinsmöglichkeiten zugleich wirkliche Existenzen, dann bilden sie eine Außenwelt. Oder sie sind nur in unserem Vorstellen zu finden, nicht aber außerhalb unseres Bewußtseins wirklich. Dann können sie aber nicht Antezedenzen sein, die die Regelmäßigkeitsvoraussetzung zu befriedigen vermöchten.

nehmung muß ich ein Außenweltsantezedens annehmen. Alle die anderen Menschen müssen auch dies Außenweltsantezedens annehmen. Wird die Lampe beseitigt, so verschwindet für mich die Annahme des Antezedens. Gleichzeitig aber nehmen die anderen Menschen nach demselben Prinzip nun nicht mehr die Existenz des Antezedens an. Allgemeiner gesprochen, auf dasselbe Außenweltsantezedens führen eine Menge von Wahrnehmungen in mir und anderen Menschen und Tieren. Wenn das Prinzip, auf Grund dessen ich dies Außenweltsetwas erschließe, die Regelmäßigkeitsvoraussetzung, falsch ist, wie kommt es dann, daß diese induktiven Schlüsse miteinander harmonieren?

Das Vertrauen auf unseren Führer, die Regelmäßigkeitsvoraussetzung, war vielleicht anfangs nicht so groß, als wir uns in das neue unermesslich weite Gebiet der Annahmen über die Außenwelt wagten. Aus dem vertrauten Bezirk menschlichen und tierischen Bewußtseins ging es ja in, wie es scheint, völlig fremde Länder. Nun stehen wir aber, ähnlich wie bei der Annahme fremden Bewußtseins, vor der folgenden nicht fortzuleugnenden Tatsache. Wir gehen aus von einer Fülle von Erkenntnissen über Inhalte in Menschen- und Tierseelen, die wir in Urteilen formulieren mögen. Wir schließen induktiv über diese Urteile hinaus, d. h. wir machen die einzige Annahme, daß auch dort regelmäßige Antezedenzienkomplexe existieren, wo sie im Menschen- und Tierbewußtsein nicht vollständig oder gar nicht vorliegen; indem wir diese einzige Annahme auf die anfangs erwähnten unendlich zahlreichen Urteile anwenden, kommen wir zu einer in sich harmonischen ungeheuren Gesamtheit von Urteilen, der Außenweltshypothese. Die Wahrnehmungen, zu denen wir die Antezedenzien annehmen, sind als solche für den Gegner der Außenweltsauffassung zum großen Teil unabhängig. Und doch führen sie nicht zu widersprechenden Schlüssen über die Antezedenzien. Schließe ich nun aus den erschlossenen Antezedenzien unter Voraussetzung jener Regelmäßigkeit zurück auf zukünftige Inhalte menschlichen Bewußtseins, so werden diese Schlüsse nachher bestätigt. Sie sind unendlich oft bestätigt worden.

Wir haben eine Hypothese folgender Art vor uns. Sie geht aus von einer Unzahl von Tatsachen, den Sinneswahrnehmungen. Sie macht die einzige Voraussetzung, daß diese Tatsachen Ante-

zedenzen der Art haben, daß immer, wenn die Gesamtheit der letzteren vorliegt, auch die Tatsachen eintreffen. Daraus ergibt sich eine Unsumme von Schlüssen, die in sich widerspruchsfrei sind und unendlich oft bestätigt werden. Beweist nicht, nachdem, was wir über Hypothesenbildung gesagt haben, die bloße Existenz einer solchen Hypothese ihre hohe Wahrscheinlichkeit? Je mehr Ausgangstatsachen, um so besser für die Hypothese; je weniger neue Annahmen — eigentlich liegt nur die Erweiterung einer längst akzeptierten vor —, um so wahrscheinlicher die Hypothese; kommen erst zahlreiche Verifikationen hinzu, so wächst die Wahrscheinlichkeit der Hypothese sehr schnell.

Ist der Gegner der Außenweltshypothese nicht Solipsist, so weisen wir ihm gegenüber mit Nachdruck darauf hin, daß wir uns der Außenweltsannahme gegenüber in ganz entsprechender Situation befinden wie bei der Erschließung des Bewußtseins fremder Menschen und Tiere. Hier wie dort setzen wir Regelmäßigkeiten voraus, die in dem bis dahin als existierend Anerkannten nicht zu finden sind. Hier wie dort führt diese Voraussetzung zur Annahme von bisher nicht angenommenen Existenzen. Hier wie dort stehen die so entspringenden neuen Annahmen von Existenzen in bester Harmonie untereinander. Hier wie dort können wir aus den Annahmen über jene neue Existenzen auf Grund der Regelmäßigkeitsvoraussetzung auf das Kommen von Existenzen schließen, die, sind sie später da, auch ohne die neu angenommenen Existenzen anerkannt werden müßten. Hier wie dort kommen dann jene erschlossenen Existenzen tatsächlich. Hier wie dort haben wir also Verifikationen in Hülle und Fülle. Diese Bewährung muß bei beiden Hypothesen als total unverständlich erscheinen, wenn das ihnen gemeinsam zugrunde liegende Prinzip der Regelmäßigkeit des Geschehens falsch sein sollte. Hat man aber einmal das fremde Bewußtsein anerkannt, so scheint es nichts weiter als Willkür, bestenfalls völlig übertriebene Vorsicht, die Außenweltsannahme nicht mitmachen zu wollen. Das Stehenbleiben auf halbem Wege hätte doch nur Sinn und Grund, wenn besondere Gefahren in Sicht wären. Statt dessen scheint der Weg, wie bisher, auch im weiteren Verlauf glatt und eben. Behauptet der Feind der Außenweltshypothese positiv, diese sei falsch, so kann er nicht eine Spur eines Beweises dafür erbringen.

Und die Last des Beweises hat der ebensogut zu tragen, der behauptet, eine mögliche Annahme sei falsch, wie der, welcher für ihre Wahrheit eintritt. Will er sich über die Außenweltshypothese Urteilsenthaltung auferlegen, warum verfährt er in Bezug auf das Bewußtsein anderer Menschen und Tiere nicht ebenso? Hat er aber sich gefreut, der Annahme fremden Bewußtseins höchste Wahrscheinlichkeit zuschreiben zu dürfen, so wird er auch der Außenweltshypothese bedeutende Wahrscheinlichkeit nicht absprechen können.

Für die Gewißheit logischer Axiome, des deduktiven Denkens, für die Wahrscheinlichkeit der Erinnerungsdeutung, der Regelmäßigkeitsvoraussetzung und der daraus folgenden Annahmen unerinnerter, vergangener Inhalte in meinem Bewußtsein, zukünftiger Inhalte in ihm, fremden Bewußtseins, schließlich für alles und jedes, das wir als gewiß oder wahrscheinlich anerkennen, gewinnt uns zuletzt zweierlei. Erstens ein gewisser, nicht zu bestreitender psychischer Zwang, demzufolge wir nicht anders können, als die Gewißheit des uns momentan bewußt Gegebenen, der logischen Axiome und deduktiven Ableitungen anerkennen, und der uns zur Erinnerungsdeutung, zur Regelmäßigkeitsvoraussetzung und damit zur Annahme vergangener, zukünftiger und fremder Bewußtseinsinhalte, schließlich der Außenwelt, treibt. Widersetzen wir uns diesem Zwang, so ist kein Wissen möglich. Fügen wir uns ihm aber, so zeigt sich zweitens, daß alles, was der Zwang uns aufdrängt, miteinander vereinbar und zur Harmonie zu bringen ist, daß es sich auf das beste bewährt. Das ist schließlich alles, was zur Rechtfertigung der Gesamtheit aller Überzeugungen angeführt werden kann. Wem das nicht genügt, dem ist nicht zu helfen. Wer nicht ins Wasser geht, lernt nicht schwimmen. Wer sich jenen sich mehr oder weniger aufzwingenden Voraussetzungen nicht anvertraut, erreicht nie ein Wissen.

Schon lange wird der Gegner der Außenweltshypothese folgenden Einwurf bereit haben. Der Schluß auf fremdes Bewußtsein wurde immer mit dem auf die Außenwelt verglichen, und beide wurden auf gleiche Stufe gestellt. Da besteht aber doch ein erheblicher Unterschied. Das, was ich als regelmäßiges Antezedens anerkenne, wenn ich fremdes Bewußtsein erschließe,

ist doch immer noch Bewußtsein, etwas, das ich kenne, und von dem ich von mir her weiß, welcher Natur es ist. Ebenso schloß ich auf vergangene Inhalte meines Bewußtseins induktiv, d. h. auf etwas, dessen Natur mir wohl vertraut ist. Anders steht es um die Außenwelt. Von den Antezedenzien, die man da annimmt, weiß ich absolut nichts, sind sie ja doch nicht bewußter Natur. Zudem zeigt der Streit der metaphysischen Systeme, daß ich nichts von der Natur der Außenwelt wissen kann. Was helfen mir nun Antezedenzien, von deren Natur ich nichts weiß? ¹⁾ Sind sie aber nicht bewußter Natur, so ist der Induktionsschluß, der auf sie führt, mit dem Induktionsschluß auf fremdes Bewußtsein gar nicht vergleichbar. Man sieht ja, beide Induktionsschlüsse führen zu Existenzen ganz verschiedener Natur. Also darf ich wohl einen Unterschied zwischen den beiden Annahmen machen. Ich halte demnach an der Überzeugung vom Bewußtsein fremder Menschen und Tiere fest, bleibe aber bei der Urteilsenthaltung in Bezug auf die Außenwelt.

Was wir über die Außenwelt Spezielles annehmen können, werden wir weiter unten untersuchen. Welcher „Natur“ sie ist, das hat eigentlich die allgemeine Metaphysik auszumachen, und da sind die vielen Streitigkeiten allerdings eine mißliche Sache. Hier ist aber doch folgendes gegen obigen Einwurf zu erwidern. Erstens bestehen im Bewußtsein Regelmäßigkeiten zwischen Inhalten, die auch „ihrer Natur nach“, d. h. qualitativ recht verschieden sind. Zweitens unterscheidet sich fremdes Bewußtsein vom meinigen, denn sonst wäre es ja nicht fremdes Bewußtsein. Ob das ein Unterschied „der Natur nach“, etwa auch ein Qualitätsunterschied ist, bleibe dahingestellt. Drittens haben wir nichts darüber ausgemacht, ob die Außenwelt nicht vielleicht auch Bewußtsein sei, sondern nur, daß sie etwas sei, was noch nicht mit den Bewußtseinsströmen der Menschen und Tiere gegeben sei. Wenn etwa Berkeley recht hätte, dann wäre das, was wir Außenwelt nannten, jene neuen Antezedenzien also, Gott, demnach etwas seiner Natur nach Bewußtes. Wie dem auch sei, wir können viertens schließlich zeigen, daß die induktiv erschlossene Außenwelt notwendig von solcher Natur, von solchem

¹⁾ Solch ein unbekanntes Antezedens ist keine *Vera causa*!

Wesen gedacht werden muß und von den feindlichsten Metaphysikern gedacht worden ist, daß ihr Wesen auch an dem Bewußtsein auffindbar ist. Dazu bemerke ich erstens: wenn ich, wie viele Inhalte meines Bewußtseins regelmäßige Antezedenzen bewußter Natur schon haben, auch vollständige regelmäßige Antezedenzenkomplexe zu den Wahrnehmungen induktiv erschließe, so werde ich doch wohl annehmen, daß auch diese, wenn auch nicht in Menschen- und Tierbewußtseinen enthaltenen Existenzen ihrem Wesen nach etwas sind, was unter den Gattungsbegriff der vielen Arten von Bewußtseinsexistenzen fällt. Genau so war ich ja überzeugt, daß die Inhalte fremder Menschen und Tiere unter die Gattung Bewußtsein subsumiert werden können. Das liegt im Wesen der Regelmäßigkeitsschlüsse, der Induktionen. Weshalb sollte es nicht so sein? Zweitens: alle Metaphysiker, so uneinig sie waren, haben doch das Wesen der Außenwelt in etwas gefunden, was auch Eigenschaft von Bewußtem ist. Der naive Mensch — auch ein Metaphysiker — nimmt an, die Außenwelt sei ihrem Wesen, ihrer inneren Natur nach farbig, süß, warm, ausgedehnt usw., je nachdem. Farbe ist das Wesen der bewußten Farbempfindung, Süß ist eine bewußte Empfindung, Wärme ist eine ebensolche Empfindung, ausgedehnt sind Gesichtswahrnehmungen, Tastwahrnehmungen, also Bewußtseinsinhalte. Der Fetischist meint, die Außenwelt sei voll Geister, das ist voll Bewußtsein. Ist die Außenwelt ihrem Wesen nach Wille, wie Schopenhauer meinte, so ist ja Wille auch im Bewußtsein zu finden. Nimmt Cartesius an, die Außenwelt sei ausgedehnt und nichts als das, so kommt, wie gesagt, die Ausdehnung auch Bewußtseinsinhalten zu. Auch Kant meint, die Dinge an sich seien geistiger Natur. — Nur E. von Hartmanns Unbewußtes scheint eine Ausnahme zu machen. — Diese seltene Einigkeit in einer metaphysischen Frage ist leicht erklärlich; denn wenn ich der Außenwelt ein Wesen, und sei es noch so dürftig, wie etwa das des Ausgedehntseins, zuschreibe, so kann ich dies Wesen ja doch zuletzt von nichts anders nehmen, als von meinem Bewußtsein. Demnach ist der Begriff des Unbewußten ein gänzlich negativer, wenn er so aufgefaßt wird, daß in seinem Inhalt nichts anders steckt als der kontradiktorische Gegensatz zu allem, was Bewußtsein ist. Ein solches Unbewußtes wäre für meine

Vorstellung nicht vom Nichts verschieden. So kommen wir schon zum dritten Punkte. Ich meine, wenn man von irgend etwas, z. B. von der Außenwelt, aussagt, es existiere, so kann man damit nur meinen, es habe mit den Inhalten meines Bewußtseins so viel gemein, daß es, wenn im Strome meines Bewußtseins vorhanden, als mir bewußt bezeichnet werden würde. Existieren heiße Qualität-Sein, Inhalt-Sein, wie das Existieren meiner Bewußtseinsinhalte in ihrem Qualität-Sein besteht. Das ist zunächst die Auffassung des naiven Menschen; wenn er einer Sache das Sein zuspricht, so will er damit sagen, sie sei qualitativ so oder anders. Sagt er, dort im Garten sei eine blühende Rose, so meint er, dort befänden sich Qualitäten, Farben vor allem, Geruch usw. Das ist eine Auffassung der Existenz, die Hand und Fuß hat. Was sollen demgegenüber die Definitionen unserer ersten Metaphysiker, Sein sei absolute Position, Setzung. Ich muß gestehen, daß ich in dieser Begriffsbestimmung nichts sehen kann, als die Erläuterung einer an sich klaren Sache durch ein recht schlecht passendes Bild. Wenn ich von einem einzigen Atom oder von der ganzen Welt, von einer Empfindung oder von Gott sage, sie existieren, so meine ich doch nicht, sie seien gesetzt oder gestellt oder gelegt worden. Die Definition überträgt die menschliche Tätigkeit des Setzens auf etwas, von dem wir vielleicht gar nicht wissen, ob es als Resultat irgendeiner der menschlichen Tätigkeit analogen Handlung aufgefaßt werden darf. Demgegenüber meine ich, daß wir dem Begriffe des Seins, der Existenz, den Sinn wiedergeben sollen und müssen, welchen jeder von philosophischer Bildung unberührte Mensch mit diesen Worten verbindet. Der Begriff des Seins kann von nichts anderem gewonnen sein, als vom eigenen Bewußtsein zuletzt. Gehe ich über dies hinaus, und nehme ich irgendwo ein weiteres Seiendes an, so kann ich damit nur meinen, daß da auch etwas meinen Bewußtseinsinhalten Analoges besteht. Der Begriff des Seins entsteht durch Beachten des Gemeinsamen in dem vergleichenden Durchlaufen der Bewußtseinsinhalte. Wie der Begriff der Farbe sich verhält zu allen möglichen einzelnen Farben, so verhält sich der Begriff des Seins zu allen möglichen Bewußtseinsinhalten. Wie der Begriff der Farbe zu Recht besteht, ohne daß wir alle Farben gesehen zu haben brauchen, wie dieser also auf Farben

anwendbar ist, die ich nicht erlebt, vielleicht kein Mensch oder Tier erlebt hat, so kann der Begriff des Seins zu Recht bestehen und auf Seiendes anwendbar sein, das weder ich noch irgendein Mensch oder Tier erlebt, d. h. im Bewußtsein gehabt haben. Der Begriff des Seins fällt mit dem des Bewußt-Seins zusammen, wenn man in letzteren nicht das Stecken in und Verbundensein mit einem Strome, einem Komplex von Bewußtsein, mit einer Seele, hineinnimmt. Alles, was ist, ist Qualität, und alles, was bewußt ist, ist Qualität. Was aber absolut nicht Qualität ist, das ist auch nicht. Der Gedanke, daß Sein, Qualität-Sein und Bewußt-Sein identische Begriffe seien, hat nur deshalb etwas scheinbar Gefährliches, weil wir immer so sehr geneigt sind, unter Bewußt-Sein etwas anderes zu verstehen als den Gattungsbegriff zu Empfindungen, abgeleiteten Vorstellungen, Gefühlen, Wollungen. Sprechen wir von Bewußt-Sein, so denken wir — unter dem Einfluß der vulgären Bedeutung der Wörter — sehr leicht an in einem Bewußtsein sein, in einem Bewußtseinsstrome, einer Seele stecken. Machen wir uns von dieser Terminologie des naiven Menschen frei, so wird die obige Gleichsetzung der drei Wortbedeutungen durchaus natürlich und selbstverständlich erscheinen.

Kehre ich nun zu dem Einwurf der Außenweltsgegner zurück, so ist demselben die Spitze genommen. Wenn ich von der Außenwelt annehme, sie existiere, so nehme ich damit schon an, sie sei ihrem Wesen, ihrer Natur nach etwas Qualität-Seiendes, Bewußt-Seiendes. Der Unterschied zwischen den Schlüssen auf fremdes Menschen- und Tierbewußtsein und auf eine existierende Außenwelt besteht also nicht im Sinne des Einwurfs.

Der Gegner wird nun sagen, Begriffsbestimmungen seien zuletzt willkürlich, und ich mache zweierlei nicht dadurch gleich, daß ich den Begriff des einen auch auf das andere anwende. Der Unterschied zwischen dem Qualität-Sein der etwaigen Außenwelt und dem Qualität-Sein fremden Menschen- und Tierbewußtseins sei doch nicht aus der Welt zu schaffen.

Demgegenüber wollen wir uns einmal folgendes überlegen. Zwischen dem etwaigen Sein der Außenwelt und dem Sein fremden Menschen- und Tierbewußtseins können zweierlei Unterschiede bestehen, wenn beider Sein ein Qualität-Sein ist. Erstens Unterschiede der Qualität, zweitens Unterschiede der Verbin-

dungsweisen der Qualitäten. Unterschiede der ersten Art sind zweifellos zwischen einer etwaigen Außenwelt und Menschen- und Tierbewußtsein vorhanden. In der Außenwelt wird es Qualitäten geben, die in keinem Menschen- und Tierbewußtsein zu finden sind und umgekehrt. Aber wird es nicht auch im Tierbewußtsein Qualitäten geben, die im Menschenbewußtsein nicht auffindbar sind? Nie hat man prinzipielle Bedenken dagegen gehabt, daß Tiere Sinne und Sinnesempfindungen haben können, die dem Menschen fehlen. Sicher ist die Grenze der Sichtbarkeit an beiden Seiten des Spektrums für verschiedene Menschen und Tiere verschieden. Habe ich also keinen Anstoß daran genommen, daß in fremdem Menschen- und Tierbewußtsein mir unbekannte Qualitäten vorkommen können und sicherlich vorkommen, warum sollte ich Anstoß daran nehmen, daß in der Außenwelt andere Qualitäten stecken mögen. Der Unterschied ist nur graduell.

Wir kommen zum zweiten Punkte. Wir haben guten Grund anzunehmen, daß die Verbindungsweise der Qualitäten (ihre Beziehungen zueinander) in der Außenwelt stellenweise eine recht wesentlich andere ist, als in uns, in anderen Menschen und Tieren, in denen ja die Qualitäten (Bewußtseinsinhalte) in so eigenartiger Weise zu Bewußtseinsströmen, zum Seelenleben zusammengefaßt sind. Vielleicht liegen z. B. in der Außenwelt unendlich viel einfachere Qualitätenkomplexe vor. — Aber müssen wir nicht auch annehmen, daß in einer Ameise die Qualitäten (Bewußtseinsinhalte) in ganz anderer Weise zum Gesamtbewußtsein verbunden sind, als in uns? Müssen nicht beim Herabsteigen in der Tierreihe die Bewußtseinsverbindungen anders und einfacher werden, wie das Nervensystem anders und einfacher wird? Sehen wir nicht in unserem eigenen Bewußtseinszusammenhang, wie in demselben einfachere Bewußtseinsverbindungen niederer Ordnung sozusagen als Teile des Ganzen vorliegen, wie diese Teilverbindungen untereinander auch mannigfaltig verschieden sind. Müssen wir aber solche Unterschiede der Verbindungsweisen von Qualitäten in Menschen und Tierseelen anerkennen, so müssen wir auch gestehen, daß auch in diesem Punkte nur ein gradueller Unterschied zwischen fremdem Menschen- und Tierbewußtsein und Außenwelt besteht.

Durch alle diese Erörterungen haben wir zu zeigen versucht, daß ein prinzipieller Unterschied zwischen den Schlüssen auf fremdes Menschen- und Tierbewußtsein, auch auf vergangene und nicht erinnerte sowie auf zukünftige Bewußtseinsinhalte, und den Schlüssen auf eine Außenwelt nicht besteht. Freilich kommt allen diesen induktiven Schlüssen keine absolute Gewißheit, sondern nur Wahrscheinlichkeit zu, die allerdings in vielen Fällen praktisch der Gewißheit gleichzusetzen ist. Will jemand nichts als Gewißheit, lehnt er alle Wahrscheinlichkeit ab, so muß er die Außenweltshypothese ablehnen. Aber er muß ebenso alle Annahmen über Vergangenes und Zukünftiges, sowie die fremden Tier- und Menschenbewußtseins ablehnen. Es bleibt dabei: die Anerkennung von vergangenem, zukünftigem und fremdem Seelenleben steht auf gleicher Stufe mit der der Außenwelt. Den einen Schritt über das Gegebene, ja über alles eigene Bewußtsein hinaus zu tun, und dann den anderen unterlassen zu wollen, ist Willkür.

Ein weiterer Einwurf gegen die Außenweltshypothese trifft wieder ebenso die Annahme eigenen nicht erinnerbaren, sowie fremden Tier- und Menschenbewußtseins. Bei Gelegenheit unserer allgemeinen Erörterungen über Hypothesenbildung haben wir das oft ausgesprochene Postulat untersucht, eine Hypothese müsse „ihrer Natur nach“ beweisbar sein. Hypothesen seien nicht dazu da, immer Hypothesen zu bleiben, sondern sie müßten einmal zu bewiesenen Wahrheiten werden können. Sei das ganz ausgeschlossen, so solle man die Hypothese überhaupt nicht bilden. — Wir konnten diese Maxime nicht vertreten. Vielmehr meinten wir, daß auch dort die Wahrscheinlichkeit nicht wertlos sei, wo keine Aussicht zu finden ist, sie dereinst in Wahrheit zu verwandeln. Hat also eine Hypothese eine genügende oder gar sehr hohe Wahrscheinlichkeit, so werden wir sie nicht deshalb verwerfen, weil keine Aussichten vorhanden sind, die Hypothese in eine bewiesene Wahrheit überzuführen. — Die Außenweltshypothese ist nun von dem gedachten Charakter. Sie hat einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit; denn sie stützt sich auf eine Unsumme von Tatsachen, macht oder erweitert nur eine Annahme und ist unendlich oft bestätigt worden. Aber sie ist, das muß zugegeben werden, nie bewiesen worden,

und es ist gar nicht zu sehen, wie sie einmal bewiesen werden sollte. Denn wir können nicht aus unserem Bewußtsein heraus, um uns direkt von der Existenz der Außenwelt zu überzeugen. Die Außenweltshypothese scheint demnach dazu verurteilt, immer Hypothese zu bleiben, so hoch auch ihre Wahrscheinlichkeit steigen mag.

Nach unserer Stellungnahme zu derartigen Hypothesen wird uns dieser Sachverhalt nicht veranlassen, die Außenwelt fallen zu lassen. Ist aber unser Außenweltsfeind geneigt, diese Konsequenz zu ziehen, so machen wir ihn darauf aufmerksam, daß er dann auch konsequenterweise eigenes nicht erinnerbares und fremdes Menschen- und Tierbewußtsein nicht anerkennen darf. Freilich Annahmen über zukünftige Inhalte meines Bewußtseins werden einmal zu gewissen Erkenntnissen über momentan mir Gegebenes, sie sind also fähig, zu gewissen Tatsachen zu werden. Aber meine vergangenen Bewußtseinsinhalte sind unwiederbringlich dahin; im günstigsten Falle werden sie noch einmal erinnert. Die Erinnerung kann täuschen. Vergangene Inhalte meines Bewußtseins nehme ich auch an, wenn ich sicher bin, mich ihrer nie wieder erinnern zu können. Man denke an das Bewußtsein im Säuglingsalter. Annahmen darüber werden nie zu bewiesenen Tatsachen. Und nun das Bewußtsein fremder Menschen und Tiere! Wie ich nicht aus meinem Bewußtsein heraus kann in die Außenwelt, so kann ich auch nicht in das Bewußtsein fremder Menschen und Tiere, um mich von der Existenz dieses fremden Bewußtseins direkt zu überzeugen. Auch die Annahme fremden Menschen- und Tierbewußtseins scheint prädestiniert, auf immer hypothetisch zu bleiben. Ist unser Außenweltsgegner also nicht Solipsist, ja glaubt er auch nur an vergangene nicht mehr erinnerbare Inhalte in seinem Bewußtsein, so ist doch, was diesen Annahmen recht ist, der Außenweltshypothese auch billig.

Die Auffassung, die jemand sich über Hypothesen gebildet hat, wird sich natürlich in seiner Stellungnahme zu einer speziellen, der Außenweltshypothese, spiegeln. Wir haben der Überzeugung Ausdruck verliehen, daß der maßgebende Gesichtspunkt für die Beurteilung von Fiktionen die Zweckmäßigkeit, für die von Hypothesen aber die Wahrscheinlichkeit sei. Wollten wir aber

auch an die Außenweltshypothese den Maßstab der Zweckmäßigkeit legen, so würde sie die Prüfung auf das beste bestehen. Das zeigt zunächst schon die Tatsache, daß im praktischen Leben der erbittertste Außenweltsfeind wie jedermann sich der Hypothese bedient. Nun sind aber durch einen seltsamen Zusammenhang von Gedankenströmungen gerade solche Denker zu Gegnern der Außenweltsannahme geworden, die die Verbindung, die Verwandtschaft der Wissenschaft mit dem Leben immer wieder betont haben¹⁾ und die die Zweckmäßigkeit, die ökonomische Leistungsfähigkeit als Maßstab für die Bewertung wissenschaftlicher Gedankenbildungen in den Vordergrund gestellt haben. Nehmen wir als typischen Repräsentanten dieser Richtung ihren hervorragendsten lebenden Vertreter, Ernst Mach. „Man kann für die Existenz einer außersinnlichen substantiellen (lassen wir das einmal außer Betracht) Bedingung der Wahrnehmung geltend machen, daß ein Körper, den ich in einer gewissen Weise wahrnehme, auch von andern in entsprechender Weise wahrgenommen werden muß. Diesen Umstand wird ja niemand in Abrede stellen. Derselbe besagt doch nicht mehr, als daß ähnliche Gleichungen, wie dieselben zwischen den enger zusammenhängenden Elementen bestehen, welche mein Ich I darstellen, auch zwischen den Elementen anderer Ich I', I'', I''' . . . , deren Vorstellung mein Weltverständnis erleichtert (sic!), stattfinden, und daß ferner solche die Elemente aller I, I', I'' . . . umfassende Gleichungen bestehen. Mehr wird ein Forscher, der sich seiner rein deskriptiven Aufgabe bewußt ist, und der Scheinprobleme zu vermeiden sucht, in dem erwähnten Umstand nicht sehen wollen. Es dürften auch von älteren einseitigen in hergebrachten Ansichten befangenen Auffassungen herrührende Termini den Sachverhalt kaum besser bezeichnen. Mag man nun besagte Gleichungen im Gegensatz zu den sinnlichen Elementen als Noumena, oder wegen ihrer Wichtigkeit bei Erkenntnis der wirklichen Welt, als den Ausdruck von Realitäten (sic!) ansehen, auf derartige Streitfragen um den Ausdruck (?) wird wenig ankommen.“²⁾ Machen wir uns die Sache an einem Beispiel klar.

¹⁾ Man denke an Ernst Mach, Pop. wiss. Vorles.

²⁾ E. Mach, Die Prinzipien der Wärmelehre, 2. Aufl., S. 424, 1900.

In einem Festsaal brenne ein Kronleuchter. Der Vertreter der Außenwelt nimmt an, dem Kronleuchter entspräche etwas in der Außenwelt. Durch die Beziehungen dieses Etwas zu allen den Menschen im Saale sind die ungemein mannigfaltigen Wahrnehmungen des Leuchters bedingt. Ich brauche nur die Existenz dieses Etwas zu kennen und zu wissen, welcher Art die Beziehungen sind, damit die Wahrnehmung in bestimmter Weise entsteht. Dann kann ich alle die wirklich vorhandenen Wahrnehmungen ableiten, voraussagen. Mach dagegen muß jene unendlich mannigfaltigen Beziehungen zwischen allen den Wahrnehmungen der vielen Menschen kennen. Diese Beziehungen sind so kompliziert, daß wir alle im Leben den Schluß auf das Außenweltsding machen. Erläutern wir diesen Sachverhalt einmal an der bei Mach so beliebten Analogie, an mathematischen Funktionen. Meine Wahrnehmung w_1 ist nach der Außenweltshypothese Funktion von einem Etwas in der Außenwelt t , einer „Urvariablen“, wie Mach passend sagt. Ähnlich sind die Wahrnehmungen w_2 und w_3 der Menschen P_2 und P_3 Funktion des Außenweltsetwas t , sagen wir der dem Kronleuchter entsprechenden Außenweltsexistenz. Also $w_1 = f_1(t)$, $w_2 = f_2(t)$, $w_3 = f_3(t)$. Diese Funktionen werden sehr verwandt sein, aber sie sind nicht gleich. Nehmen wir einmal idealisierte Beispiele für die Funktionen $f(x)$, etwa Sinnsfunktionen. Es wäre z. B.:

$$w_1 = a_1 \sin b_1 t;$$

$$w_2 = a_2 \sin b_2 t;$$

$$w_3 = a_3 \sin b_3 t.$$

Wir sehen mit einem Blick, wie sich w_1 , w_2 , w_3 mit t ändern, und damit auch, wie sie sich miteinander ändern, in welchen Beziehungen sie zueinander stehen. Nun wollen wir mit Mach das Außenweltsetwas ablehnen, die Urvariable t aus den Gleichungen herausbringen, das „Metaphysische“ „eliminieren“. Ich will die Wahrnehmungen von P_2 und P_3 , also w_2 und w_3 direkt aus w_1 berechnen. Es ergeben sich dann die Funktionen:

$$w_2 = a_2 \sin \left\{ \frac{b_2}{b_1} \arcsin \frac{w_1}{a_1} \right\};$$

$$w_3 = a_3 \sin \left\{ \frac{b_3}{b_1} \arcsin \frac{w_1}{a_1} \right\}.$$

So ergeben sich allerdings w_2 und w_3 direkt aus w_1 , und an

Stelle der drei Gleichungen haben wir nur zwei. Aber sind diese beiden einfacher, durchsichtiger, zweckmäßiger? Sind sie geeigneter, den Zusammenhang zwischen w_1 , w_2 , w_3 erkennen zu lassen? Wohl kaum. Aus den drei Gleichungen, die dem Verfahren der Außenweltshypothese entsprechen, erkennt auch der mathematisch wenig Geschulte sofort die Beziehungen zwischen den w_1 , w_2 , w_3 . Aber aus den beiden Gleichungen, die der Machschen Auffassung, dem ablehnenden Standpunkte entsprechen, wird der Anfänger erst nach langem Überlegen herausbekommen, wie die w_1 , w_2 , w_3 sich miteinander ändern. Die Beseitigung der Urvariable, die Abschaffung der einen Gleichung ist viel zu teuer erkauft, da die neuen Gleichungen so ungleich komplizierter werden. Nun nehme man den Fall, daß nicht drei, sondern fünfzig Personen im Festsaal sind. Dann hat man statt der einundfünfzig einfachen Gleichungen fünfzig komplizierte. Wer wollte da sagen, daß Rechnen mit den fünfzig komplizierten sei zweckmäßiger, ökonomischer! Nehmen wir doch bei der Behandlung der Cykloide lieber die zwei einfachen Gleichungen mit dem Parameter, der „Urvariable“ t , als das kompliziertere Eliminationsresultat, die eine Gleichung zwischen x und y , den Koordinaten. Ebenso ist es einfacher, zweckmäßiger, die Wahrnehmungen der Menschen durch ihre Beziehungen zu der Urvariable, der Außenwelt darzustellen, als durch die Beziehungen auf die Wahrnehmungen eines Menschen. Man versuche doch einmal, die Bestimmung der Wahrnehmungen der anderen Menschen durch ihre Beziehungen zu den eigenen Wahrnehmungen, ohne Einschlebung der Außenwelt, auszudrücken! Die Sache wird ungeheuer kompliziert, schwerfällig, un Zweckmäßig. Unwillkürlich kommt das Außenweltsding immer wieder herein. Hinzu kommt die von uns noch unerörterte relative Konstanz der Außenweltsdinge gegenüber meinen Wahrnehmungen. Ich schließe die Augen; das Außenweltsding bleibt unverändert, aber meine Wahrnehmung des Leuchters verschwindet. Ich bewege den Kopf etwas; das Außenweltsding bleibt unverändert, dagegen meine Wahrnehmungen ändern sich in rasendem Tempo. Meine Wahrnehmungen sind unvergleichlich unbeständiger, wechsellvoller, undurchsichtiger (auch unvollständiger) als die wahrgenommenen Außenweltsdinge. Wird es da nicht zweck-

mäßiger sein, die fremden Wahrnehmungen auf die konstantere Außenwelt zu beziehen, als auf das wechselnde Spiel der Wahrnehmungen? Will ich wissen, was zwanzig Menschen außer mir wahrnehmen, so werde ich doch lieber meine so undurchsichtig wechselnden Wahrnehmungen auf die beständigen Dinge der Außenwelt zurückführen, und dann von diesen beständigen Dingen wieder auf das Spiel der Wahrnehmungen in den zwanzig Menschen schließen, als daß ich einmaliges Schließen erspare und von den so unbeständigen, wenig faßbaren eigenen Wahrnehmungen direkt zu den ebenso unbeständigen Wahrnehmungen der zwanzig anderen Menschen übergehe.

Also das Ersparen der Urvariable ist ein Sparen am un-rechten Orte, wenn Zweckmäßigkeit, Einfachheit, Ökonomie der Maßstab für die Beurteilung ist. Die Annahme der Außenwelt erleichtert mein Weltverständnis ebensosehr, wie die Vorstellung der I', I'', I''' . . . Machs, d. h. fremder Bewußtseine. In Wirklichkeit verhält sich die Sache sogar so, daß die Beziehungen zwischen den Wahrnehmungen von uns und anderen Menschen so undurchsichtig sind, daß wir sie ohne Zuhilfenahme der „Urvariable“ überhaupt nicht durchschauen können. Nur dadurch, daß wir jene Urvariable zu Hilfe nehmen, daß wir die Außenwelt einführen, gelingt es überhaupt, daß wir uns im Getriebe der Wahrnehmungen zurechtfinden. Zwei Menschen gehen in einem Zimmer auf und ab. Man versuche, die Wahrnehmung des einen ohne Zuhilfenahme der Außenwelt durch die des anderen zu bestimmen. Diese Beziehungen sind schon in einem so einfachen Falle unendlich kompliziert, so daß auch der Außenweltsgegner sofort zur Außenwelt, zum beharrenden Zimmer, seine Zuflucht nimmt, um sie sich abzuleiten. Also auch wenn Durchsichtigkeit, Zweckmäßigkeit, ökonomische Leistungsfähigkeit entscheidend für den Wert einer Hypothese wären, so könnte man der Außenweltshypothese die Anerkennung nicht versagen.

Wir hatten Außenweltsexistenzen angenommen, um unbedingt regelmäßige Antezedenzienkomplexe für die Inhalte von Menschen- und Tierbewußtseinsströmen zu bekommen. Der Außenwelt hatten wir per definitionem alle diejenigen Antezedenzien zugeschrieben, die nicht schon in jenen Bewußtseins-

strömen zu finden waren. Im Vorübergehen möge darauf aufmerksam gemacht werden, daß zur Außenwelt in diesem Sinne eventuell auch diejenigen Inhalte zu rechnen wären, für die die Psychologie die ganz unglückliche Bezeichnung „unbewußte“ psychische Inhalte oder Vorgänge nun einmal eingeführt hat. Durch diesen ganz verfehlten Terminus wird immer das Unheil angerichtet werden, daß jene Inhalte oder Vorgänge als kontradiktorisch den bewußten gegenüberstehend aufgefaßt werden, wobei man sich dann von diesem unbewußten Psychischen natürlich absolut keine Vorstellung machen kann. Offenbar brauchen die in Frage stehenden Inhalte oder Vorgänge durchaus nicht unbewußt zu sein; wir können nur feststellen, daß sie nicht so in unseren Bewußtseinsströmen stecken, wie das die sogenannten bewußten geistigen Inhalte und Vorgänge tun. Hier war nur im Vorübergehen auf dieses Unbewußte als auf einen Bestandteil der Außenwelt in unserem Sinne aufmerksam zu machen. Für die weiteren Überlegungen brauchen wir zu den sich anknüpfenden Fragen nicht Stellung zu nehmen.

Alle unsere Bewußtseinsvorgänge, auch die der Tiere, stellen sich auf Grund der Außenweltshypothese nun als Konsequenzen von mehr oder weniger einfachen Komplexen dar, die unbedingt regelmäßig vorhergehen. Mit der Regelmäßigkeitsvoraussetzung sind wir durch das bisherige schon sehr weit gekommen; indessen sind wir offenbar noch nicht am Ende. Wir haben bisher nur da ein Seiendes in der Außenwelt angenommen, wo Inhalte von Menschen- oder Tierbewußtsein ein solches als Antezedens forderte. Unter den so geforderten Außenweltsdingen zeigt sich nun sofort wieder eine gewisse Regelmäßigkeit. Die Wahrnehmung des brennenden Streichholzes fordert ein ihr entsprechendes Etwas in der Außenwelt, die des Aufflammens der genäherten Lampe ebenso; diese beiden Außenweltsdinge müssen, weil es von den Wahrnehmungen gilt, in weitgehendem regelmäßigem Zusammenhange stehen. Aber lückenlos sind die so in der Außenwelt erschlossenen Zusammenhänge nicht.

Wir werden uns also wieder dazu entschließen müssen, neue Antezedenzen anzunehmen, damit auch jedes Etwas in der Außenwelt sich als unbedingt regelmäßiges Konsequenz gewisser stets mit ihm vorhandener Antezedenzen erweist. Haben wir

die Wahrnehmung einer Explosion, ohne zu sehen, wie sie zustande gekommen ist, so hat unsere Wahrnehmung schon unbedingt regelmäßige Antezedenzen erhalten durch die Annahme dessen, was ihr in der Außenwelt entspricht; zu diesem ihr in der Außenwelt entsprechenden aber muß ein neuer unbedingter Antezedenzenkomplex angenommen werden, auch wenn diesem keine entsprechende Wahrnehmung gefolgt ist.

Zu einem Etwas in der Außenwelt finden wir erstens zuweilen regelmäßige Antezedenzen in den bewußten Willensinhalten von Menschen und Tieren, zweitens in anderen Außenweltsexistenzen, die wir schon auf Grund unserer sonst nicht der Regelmäßigkeitsvoraussetzung entsprechenden Wahrnehmungen angenommen hatten. Drittens müssen wir aber zuweilen noch neue Außenweltsantezedenzen hinzufügen, um dieses Etwas in der Außenwelt als unbedingt regelmäßiges Konsequenz auffassen zu können. Nun wird die Annahme weiterer Außenweltsexistenzen dem unbedenklich erscheinen, der überhaupt einmal einige derselben anerkannt hat. Wir brauchen nur darauf hinzuweisen, daß auch die weitere Annahme unendlich oft verifiziert worden ist. Oft haben wir ein vermeintlich nicht wahrgenommenes Außenweltsantezedens in der angedeuteten Weise erschlossen; dann erinnern wir uns nachher, es doch wahrgenommen zu haben; es fällt uns erst wieder ein, nachdem wir es erschlossen haben. Unzählige Male erschließe ich ein nicht wahrgenommenes Außenweltsetwas auf dem besprochenen Wege, und dann stellt sich heraus, daß andere Menschen dieses Etwas wahrgenommen haben. Ich befrage die bei der Explosion anwesenden Personen, und siehe da, das regelmäßige Antezedens, das meiner Wahrnehmung entgangen war, hat im Bewußtsein anderer Personen Wahrnehmungen zur Folge gehabt.

Immerhin muß uns ein unangenehmes Gefühl beschleichen, schon wieder neue Existenzen anerkennen zu sollen. Wir werden uns fragen, wohin der beschrittene Weg denn endlich führen wird. Da gereicht es zu großer Befriedigung, daß es den Anschein hat, als ob durch die Anerkennung der Außenwelt in dem nun erreichten Umfange (einschließlich des „unbewußten“ Psychischen) die besprochene Regelmäßigkeit absolut, lückenlos würde. Alles spricht dafür, daß der Zusammenhang des nun anerkannten

Geschehens unbedingt gesetzmäßig sei, derart, daß jedes Etwas solche Antezedenzien hat, auf die es als unbedingtes Konsequenz folgt. Beweisen läßt sich diese Annahme nicht, aber alle Erfahrungen scheinen die unbedingte Weltgesetzlichkeit zu bestätigen.

Das muß natürlich den Wert der Regelmäßigkeitsvoraussetzung sehr erhöhen. Wie sonderbar, wie unendlich zufällig müßte dem, der nur sein gegenwärtiges und erinnertes Bewußtes¹⁾ anerkennt, die Tatsache scheinen, daß die Regelmäßigkeitsvoraussetzung, die er für verfehlt hielte, so absolut durchführbar ist. Ihm bleibt es ein Rätsel, daß es überhaupt möglich ist, die Hypothesen über Zukunft, fremdes Bewußtsein und Außenwelt zu bilden, so daß sie in sich und mit dem von ihm Anerkannten harmonieren. Wie zufällig, daß das von ihm Anerkannte diese Deutung und Ergänzung zuläßt! Indem ich eine einzige Voraussetzung immer und immer wieder anwende, entsteht auf den nur lückenhaften Fundamenten der gewaltige, in sich geschlossene Bau. In den Fundamenten war nur eine Andeutung auf diese Voraussetzung zu finden. Daß der Bau möglich war, gibt der Voraussetzung die Weihe. Indem die Regelmäßigkeit den Charakter der Unbedingtheit, der Lückenlosigkeit, der uneingeschränkten Gültigkeit mehr und mehr annimmt, zu besitzen scheint, nähert sich die Voraussetzung derselben den logischen Axiomen mit ihrer unbedingten Gültigkeit. — Das bleibt natürlich bestehen: So wenig aus der Denknötwendigkeit der Axiome sicher wird, daß sie für jedes Denken jeder Welt gelten müßten²⁾, so wenig folgt aus dem geschilderten Charakter der Regelmäßigkeitsvoraussetzung ihre Gültigkeit für jede mögliche Welt. Jenem psychischen Zwange, der die Notwendigkeit für das Leben spiegelt, verdankt die Regelmäßigkeitsvoraussetzung ihr Dasein,

1) Schon in der Erinnerungsdeutung steckt etwas von der Regelmäßigkeitsvoraussetzung.

2) Ausgeführt und begründet findet man das hier Angedeutete bei B. Erdmann, Logik, Bd. I, 2. Aufl., S. 524—533. Über verwandte Gedanken bei St. Mill, sowie über die sich anschließenden Probleme („Chaosproblem“) siehe S. Becher: Erkenntnistheoretische Untersuchungen zu Stuart Mills Theorie der Kausalität. Halle, 1906. IV. Teil. S. 114 f.

Becher, Philosoph. Voraussetzungen.

und ihrer unbedingten Durchführbarkeit, ihrer glänzenden Bewährung in dieser Welt verdankt sie ihre Existenzberechtigung in ihr. Nicht anders ist es mit den logischen Axiomen im Prinzip, nicht anders mit allen Voraussetzungen der Wissenschaft, des Denkens überhaupt.

Zum Schlusse dieses Abschnittes möchten wir uns noch folgende Bemerkungen erlauben. Um den positivistischen Außenweltsgegnern — an die wurde ja in erster Linie gedacht — nicht unnötig einen Stein des Anstoßes zu bereiten, habe ich im vorhergehenden die Worte Ursache und Wirkung vermieden. Vielleicht hat nun der Nichtpositivist an dieser Behandlung der Kausalität etwas auszusetzen. Möglicherweise wird ihn folgendes mit meinem Verfahren aussöhnen. Es scheint mir bei der Bearbeitung metaphysischer Probleme wie überall in der Wissenschaft sehr nützlich, die Fragen zunächst soweit es angeht auseinander zu halten, sie erst einmal einzeln vorzunehmen. Dann bleibt selbstverständlich die Aufgabe, die Zusammenhänge zu bearbeiten. So habe ich nun hier, soweit es anging, Außenweltsproblem und Kausalitätsproblem auseinanderhalten wollen. Es liegt mir dabei ganz fern, die engen Zusammenhänge zu verkennen. Ich habe vom Kausalitätsproblem nur herangezogen, was ich brauchte: die zunächst bedingte, nachher als augenscheinlich unbedingt durchführbar sich erweisende Voraussetzung der Regelmäßigkeit.

Ob in der Kausalitätsannahme mehr steckt, als die Anerkennung unbedingt regelmäßiger Antezedenzen zu jedem Konsequenz, oder nicht, braucht uns hier nicht zu kümmern. Jedenfalls ist dies etwaige Mehr nicht erforderlich für unsere obige Darlegung.

Wir haben angenommen, jedes Etwas habe zu ihm derart gehörige Antezedenzen, daß auf sie das Etwas mit unbedingter Regelmäßigkeit folgt. Das Vorhergehende ist entweder dem folgenden Etwas, abgesehen vom Zeitunterschiede, gleich; dann liegt ein Beharren des Antezedens vor, das Konsequenz ist das beharrende Antezedens. Oder, das Antezedens bzw. die Antezedenzen sind vom Konsequens verschieden. Dann stellt sich die Sukzession als ein Geschehen, ein Vorgang, eine Veränderung dar. In Zukunft wollen wir bei Veränderungen, Vorgängen nun auch den unbedingt regelmäßigen Antezedenzenkomplex als Ursache, das auf ihn unbedingt regelmäßig folgende von ihm

Verschiedene als Wirkung bezeichnen. In diesem Sinne haben ja auch die Positivisten Hume und mit Nachdruck Mill¹⁾ von Ursachen und Wirkungen gesprochen. Ich habe damit nichts neu eingeführt in unsere Untersuchung als zwei Bezeichnungen. Die können im schlimmsten Falle schlecht gewählt sein. Ich betone nochmals, daß ich gar nichts darüber ausmache, ob in den Begriffen von Ursache und Wirkung nicht noch mehr steckt. Das ist Gegenstand anderer Untersuchungen: Jedenfalls kann nun unsere Regelmäßigkeitsvoraussetzung in ihrer weitesten Ausdehnung in den Urteilen formuliert werden: jede Veränderung hat eine Ursache. Mit der Ursache ist die Wirkung unbedingt regelmäßig gegeben. Ohne Ursache keine Veränderung, sondern Beharren.

Im besonderen können wir in diesem Sinne nun die Außenwelt als Ursache unserer Wahrnehmungen auffassen.

Über das, was unter Existenz zu verstehen ist, und wo wir Existierendes anzunehmen haben, können wir jetzt folgende Bemerkungen anschließen. Wir konnten nicht Existieren und Wirken gleichsetzen, weil wir ja zunächst unser momentan Bewußtes als existierend anerkennen mußten, obwohl nichts darüber ausgemacht war, ob dieses überhaupt irgendwie wirke. Die Wirksamkeit von Inhalten des Bewußtseins, die psychische Kausalität wird ja vielfach bestritten. Ob mit Recht oder mit Unrecht brauchen wir hier nicht zu untersuchen. Jedenfalls zeigt dieser Streit, daß man etwas als existierend ansehen kann, auch wenn es nicht wirkt. Wir erklärten in Anlehnung an die Auffassung des gesunden Menschenverstandes das Existieren durch die Gleichung: Sein (oder Existieren) = Qualität-Sein = Bewußt-Sein. Nun ergibt sich aus den letzten Betrachtungen aber, daß wir immer dort momentan oder durch Erinnerung Nicht-Gegebenes als existierend annahmen, wo ein regelmäßiger Antezedenzienkomplex ohne dies Existierende gefehlt hätte, d. h. wo die Ursache, das Wirkende gefehlt hätte. Wo also etwas gewirkt wird, nehmen wir etwas Wirksames, Wirkliches, Existierendes an. Die Wirksamkeit ist das Merkzeichen der nicht in meinem Bewußtsein gegebenen

¹⁾ St. Mill, Logik, Bd. I, Buch III. § 6. Übersetzt v. Schiel. 4. Aufl. Braunschweig 1877. S. 421 f.

Existenzen. Insbesondere gilt von der Außenwelt, daß in ihr dort Existierendes anzunehmen ist, wo Wirkungen sich zeigen. Für den Naturwissenschaftler ist also Wirksamkeit das Merkzeichen, das Kriterium der Existenz, des Qualität-Seins, der Realität seiner dem Bewußtsein transzendenten Außenweltsdinge ¹⁾).

¹⁾ Vergl. B. Erdmann, Logik, Bd. I., 1. Aufl. S. 84. 1892. — 2. Aufl. S. 138. 1907.

V. Der Charakter unserer Erkenntnisse über die Außenwelt und deren allgemeinste Grundzüge.

Wir betrachten im folgenden die Außenweltshypothese als gerechtfertigt. Wir werden überall da etwas Existierendes annehmen, wo unsere Regelmäßigkeitsvoraussetzung es fordert. Als Kriterium der Existenz betrachten wir demnach auf dem Gebiete der Außenwelt das Wirken. Haben wir aber einmal etwas Existierendes gesetzt, so müssen wir dies Existierende auf Grund der Regelmäßigkeitsvoraussetzung so lange als fortexistierend, beharrend betrachten, als keine Ursache der Veränderung dieses Beharrenden vorliegt.

Diese Konsequenz der Beharrlichkeit ist von großer Tragweite, wie eine kleine Überlegung zeigen wird. Im allgemeinen ist das, was wir als Ursache, als unbedingt regelmäßig Vorhergehendes also zu bezeichnen haben, kein Einfaches, sondern ein Zusammengesetztes in dem Sinne, daß seine Teile auch getrennt voneinander aufzutreten pflegen. Das gilt im besonderen auch von der Ursache der Wahrnehmung. Die Wahrnehmungen sind das Resultat eines Zusammenwirkens eines fremden Außenweltdinges und meines Körpers, der natürlich auch ein Außenweltding darstellt; dazu kommen noch vielleicht unbewußte psychische Prozesse.

Die Wirkung eines Komplexes wird ausbleiben, wenn nur ein Teil dieses Komplexes fehlt. Das folgt aus dem Begriffe der Ursache. Bleibt also eine Wirkung aus, so ist die Ursache als Ganzes, der ganze Komplex, nicht vorhergegangen; aber es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß ein Teil der Gesamtursache, des ganzen Komplexes, doch vorhanden war. Vielleicht hat nur ein kleiner Teil der Gesamtursache gefehlt. Mit Rücksicht auf das Gesetz des Beharrens müssen wir sogar oft annehmen, daß nur ein Teil des Komplexes fortgefallen ist.

Wenden wir diese Einsicht auf den Fall der Wahrnehmung

an. Zur Entstehung einer Sinneswahrnehmung pflegen unser Leib (wie wir einfach an Stelle dessen, was ihm in der Außenwelt entspricht, sagen wollen) und noch etwas anderes in der Außenwelt oft zusammenzuwirken. Verschwindet nun eine Wahrnehmung gleichzeitig mit einer Veränderung in unserem Leibe (Schließen der Augen), so kann das andere mitwirkende Etwas in der Außenwelt trotz dieses Verschwindens der Wahrnehmung beharren, weil ja nur die Beseitigung eines Teiles der Ursache zur Beseitigung der Wirkung erforderlich ist. Hat ein solches Beharren stattgefunden, so wird nach dem Rückgängigmachen der leiblichen Veränderung (dem Wiederöffnen der Augen) auch die Wahrnehmung wieder eintreten. Tritt die Wahrnehmung immer wieder auf, wenn ich in beliebigen Zeitabständen jene leibliche Veränderung vollzogen und wieder rückgängig gemacht habe (Schließen und Öffnen der Augen), so wird die Möglichkeit des Beharens des Außenweltsdinges zur hohen Wahrscheinlichkeit werden. So komme ich auf Grund der Daten meines Bewußtseins und der Regelmäßigkeitsvoraussetzung zur Annahme mehr oder weniger beharrender Außenweltsdinge, und diese sich wohl bewährende Annahme macht die Außenweltshypothese, wie schon ausgeführt wurde, so ungemein zweckmäßig. Wir brauchen nicht die wechselnden Wahrnehmungen von Menschen und Tieren aufeinander zu beziehen, wodurch ein unlöslicher Wirrwarr von Beziehungen entstehen würde, sondern wir können sie auf die viel beharrlicheren Existenzen der Außenwelt beziehen.

Wir haben demnach als erste allgemeine Erkenntnis über die Außenwelt die höchst wahrscheinliche Annahme zu verzeichnen, daß es in ihr Existenzen gibt, die relativ beharren, jedenfalls viel beharrlicher sind, als unsere Wahrnehmungen derselben zu sein pflegen.

Ob es absolut beharrliche Existenzen gibt, wie der Physiker lange die Atome als absolut beharrlich und unveränderlich betrachtete, oder wie sie Philosophen in ihren Substanzen zu kennen glaubten, müssen wir vor der Hand ganz dahin gestellt sein lassen. Ein Grund zu dieser Annahme liegt in unseren bisherigen Ausführungen nicht.

Soviel ist indessen für uns schon zweifellos geworden: auch in der Außenwelt gibt es Veränderung und Wechsel. Nicht für

alle Änderungen in der Wahrnehmung finde ich Änderungen in meinem Leibe, die nicht selbst noch Änderungen in der Außenwelt außer dem Leibe voraussetzen. Ja, indem ich Änderungen im meinem Leibe annehme, habe ich schon Änderungen in der Außenwelt. Ist eine Änderung im Bewußtsein aller Menschen und Tiere nicht unbedingt regelmäßige Folge von Änderungen, die sich ihrerseits in den Bewußtseinen dieser Menschen und Tiere vollzogen haben, so muß ich Änderungen in der Außenwelt hinzu annehmen. Beharrte alles in den Bewußtseinen und alles in der Außenwelt, so könnte auf dies Beharren nach der Regelmäßigkeitsvoraussetzung nie eine Veränderung in den Bewußtseinen erfolgen. Liegen demnach für eine tatsächliche Veränderung in den Bewußtseinen nicht zureichende vorhergehende Veränderungen in ihnen vor, so müssen Veränderungen in der Außenwelt angenommen werden. Diesen Fall haben wir bei den Veränderungen der Sinneswahrnehmungen, ihrem Kommen und Gehen vor uns.

Unbeschadet der Annahme relativ beharrlicher Existenzen in der Außenwelt müssen wir demnach anerkennen, daß es Veränderungen in ihr gibt. Nach der Regelmäßigkeitsvoraussetzung stellen sich diese Veränderungen aber dar als Kausalzusammenhänge. Zwischen den Außenweltsdingen bestehen demnach Kausalbeziehungen.

In dieser zweiten wichtigen allgemeinen Aussage ist schon eine dritte teilweise eingeschlossen. Wo es Veränderung gibt, da gibt es Verschiedenheit, und zwar Verschiedenheit des Aufeinanderfolgenden. Wir müssen daneben auch Verschiedenheiten des Koexistierenden in der Außenwelt anerkennen. Treten zwei verschiedene Wahrnehmungen gleichzeitig auf (die beide nicht Wirkungen des vorhergehenden für beide gleichen Bewußtseinsbestandes allein sein können) und können die beiden nicht als gleichzeitige Wirkungen derselben Ursache aufgefaßt werden, weil sie oft nicht vereint auftreten, so muß der Unterschied zwischen beiden auf Teile der Ursachen geschoben werden, die in der Außenwelt existieren. Auch da müssen also Verschiedenheiten angenommen werden. Sehe ich einen roten und einen blauen Punkt nebeneinander, so müssen diesen koexistierende verschiedene Außenweltsexistenzen entsprechen. — Jedenfalls

kann also das außer Menschen- und Tierbewußtsein Existierende nicht als unterschiedslose Einheit aufgefaßt werden, sondern wir müssen eine Mannigfaltigkeit von Außenweltsexistenzen anerkennen. Ob und in welchem Sinne diese eine sie umfassende Einheit bilden, das ist wieder ein Problem, welches über unseren gegenwärtigen Gesichtskreis hinausliegt. Es genügt für uns die Feststellung, daß Aussagen über Unterschiede von Aufeinanderfolgendem und Gleichzeitigem in der Außenwelt möglich sind.

Eine besonders wichtige Art des Unterschiedes von Gleichzeitigem in der Außenwelt ist für unsere Untersuchung diejenige, welche in der Wahrnehmung den räumlichen Unterschied bewirkt. Daß zwei gleichzeitig gesehene Punkte an verschiedenen Stellen des Sehfeldes, und zwar an bestimmten erscheinen, kann nach unseren bisherigen Annahmen nur daher kommen, daß das den Punkten in der Außenwelt Entsprechende sich in bestimmter Weise voneinander durch irgendetwas unterscheidet. Ob dies Etwas, diese Unterschiede in der Außenwelt räumlicher Natur sind, und welcher räumlichen Natur, darüber wissen wir nichts. Es liegt kein Grund für die Anerkennung räumlicher Unterschiede in dem Sinne der gesehenen, getasteten, durch den Bewegungssinn wahrgenommenen Räumlichkeit vor. Wir kennen ferner in unserem Bewußtsein Existierendes, das nicht räumlicher Natur ist, z. B. ethische Gefühle, Affekte. Ob also die Außenwelt räumlich ist oder nicht, darüber wissen wir nichts, und die Annahme, sie sei räumlich, muß uns als eine aus unendlich vielen möglichen willkürlich herausgegriffene erscheinen, die keinen Anspruch auf Anerkennung machen kann. Wir erinnern auch an die Schwierigkeit, welcher Art denn die Räumlichkeit der Außenwelt sein sollte, ob sie der Räumlichkeit des Gesichts-, des Tast- oder des Bewegungssinnes gleichen sollte, denn diese Arten der Räumlichkeit weichen sehr voneinander ab und sind nur durch die enge, in gewissem Sinne eindeutige Zuordnung zueinander verbunden.

Indessen bleibt bestehen, daß den räumlichen Unterschieden unserer Wahrnehmung Unterschiede in der Außenwelt entsprechen müssen. Der räumlich unterschiedenen Mannigfaltigkeit der Empfindungen ist eine entsprechende Mannigfaltigkeit in der Außenwelt zu koordinieren.

Die Tatsache der engen Zuordnung der räumlichen Mannig-

faltigkeiten, wie sie Gesichts-, Tast- und Bewegungssinn, zum Teil auch noch die anderen Sinne bieten, hat Anlaß gegeben zu einer Hypothese, die uns freilich unumstößlichem Wissen im Leben gleichwertig erscheint. Es ist die Annahme, daß eindeutig aufeinander beziehbare räumliche Wahrnehmungen der verschiedenen Sinne von derselben Außenweltsexistenz herrühren. Passen meine Tast- und Bewegungsempfindungen Element nach Element mit meinen Gesichtsempfindungen zusammen, so nehme ich an, daß diese koordinierten Empfindungskomplexe von demselben Komplex von Ursachen bewirkt sind, daß es dasselbe ist, was ich taste und was ich sehe. Diese Hypothese gehört wieder zur Klasse derjenigen, die wohl niemals zu bewiesenen Wahrheiten werden können. Da sie indessen fortwährend verifiziert wird, hindert uns dieser Sachverhalt nicht, ihr volle Anerkennung zu zollen. Wir wollen hinzufügen, daß diese Annahme die Zweckmäßigkeit, die ökonomische Leistungsfähigkeit der ganzen Außenweltshypothese wiederum sehr erhöht. An Stelle der Wahrnehmungen der verschiedenen Sinne, dreier, genau genommen noch zahlreicherer „Variablen“, tritt, durch diese Hypothese eingeführt, eine einzige „Urvariable“, das die dreierlei Wahrnehmungen bewirkende Außenweltsding.

Ohne in die Philosophie der Mathematik, speziell der Geometrie weiter einzudringen, können wir doch sagen, daß die unseren Raumwahrnehmungen zugrunde liegende Außenweltsmannigfaltigkeit als eine dreidimensionale aufgefaßt werden kann. Ob sie als solche aufgefaßt werden muß, kann hier unentschieden bleiben. Jedenfalls können unsere verschiedenen Sinnesräume, der Gesichts-, der Tast- und der Bewegungsraum, einer dreidimensionalen Mannigfaltigkeit so zugeordnet werden, daß jene dreidimensionale Mannigfaltigkeit als Grundlage aller dieser einzelnen Sinnesräume aufgefaßt werden kann. Damit ist nicht ausgeschlossen, daß diese dreidimensionale Außenweltsmannigfaltigkeit von einem anderen Gesichtspunkte aus als mehr oder weniger dimensional aufzufassen ist.

Wenn wir oben der Außenwelt die Räumlichkeit im dargelegten Sinne abgesprochen haben, so wollen wir einen Einwand gegen dieses Verfahren nicht unterdrücken. Wir sprachen von einer räumlichen Mannigfaltigkeit der Gesichts-, Tast- und Be-

wegungswahrnehmung. Was haben nun diese verschiedenen Mannigfaltigkeiten der getrennten Sinnesgebiete miteinander gemeinsam, so daß sie alle als räumlich bezeichnet werden können? Was hat ein Nebeneinander des Gesichtssinnes mit einem Nebeneinander des Tastsinnes zu tun? Weshalb spreche ich in beiden Fällen von einem Nebeneinander? Da ist zuzugeben, daß die Zusammengehörigkeit dieser verschiedenen Mannigfaltigkeiten der Sinnesräume nur in ihrer engen Zuordnung zueinander besteht. Sie haben deshalb etwas miteinander zu tun, weil sie (unter gewissen hier nicht weiter in Betracht kommenden Einschränkungen) eindeutig aufeinander bezogen werden können, Element für Element und Beziehung (zwischen den Elementen) für Beziehung. Wir haben aber gehört, daß eine entsprechende Zuordnung auch die besprochene Außenweltsmannigfaltigkeit mit den Mannigfaltigkeiten der Sinnesräume verbindet. Warum sollen wir diese Außenweltsmannigfaltigkeit also nicht räumlich nennen, da sie doch mit den Mannigfaltigkeiten der Sinnesräume so viel gemeinsam hat, als diese untereinander gemeinsam haben: die Möglichkeit der gegenseitigen eindeutigen Zuordnung?

Demgegenüber ist nicht viel zu sagen. Will man diese Außenweltsmannigfaltigkeit wegen der erwähnten nicht zu leugnenden Eigenschaft als räumlich in diesem weiten Sinne bezeichnen, so ist das ganz in Ordnung. Wir werden uns daher dieses Sprachgebrauches in Zukunft zuweilen bedienen. Damit bleibt aber bestehen, was oben hervorzuheben war: die Subjektivität unserer Sinnesräume. Das „Nebeneinander“ zweier Außenweltsexistenzen ist eine wohl ganz andere Art des Unterschieds zwischen beiden, als das Nebeneinander zweier Empfindungen des Gesichtssinnes, des Tastsinnes, des Bewegungssinnes, wie ja auch die drei letzteren Arten des Nebeneinander ganz verschiedene Arten des Unterschieds sind. Nun sind wir aber gewöhnt, uns räumliche Verhältnisse im Raum eines bestimmten Sinnes vorzustellen, wohl meist im Gesichtsraume. Ist das letztere der Fall, so pflegen wir uns jedes Nebeneinander, auch das, was in der Außenwelt diesem Unterschied des Nebeneinander entspricht, in optischen Reproduktionen zu vergegenwärtigen. Wir übertragen die Räumlichkeit des Gesichtssinnes, so gut es eben

gehen will, auf die Räumlichkeit der Außenwelt. Daß diese oder eine entsprechende Übertragung von einem andern Sinnesgebiet aus unzulässig ist, versteht sich für uns von selbst, und weiter nichts ist gemeint, wenn wir die Außenwelt in einem engeren Sinne als unräumlich bezeichnen. Wir können die Sachlage an einem Beispiele aus der Mathematik verdeutlichen. Analytische Betrachtungen sind von geometrischen Vorstellungen im Prinzip unabhängig. Aber wir pflegen uns analytische Bestimmungen geometrisch zu vergegenwärtigen. Anstatt zu sagen, eine Variable solle sich zwischen a und b verändern, gebrauchen wir die geometrische Vorstellung: die Variable bewege sich auf der Strecke, dem Wege a b . Das ist ganz einwandfrei, solange man die geometrische Deutung nur als bequemes Ausdrucksmittel behandelt. Aber es darf nicht dazu verleiten, das geometrische Bild für das Wesen der Sache zu halten, die vielmehr von der geometrischen Vorstellung ganz unabhängig ist. — Bezeichnen wir die Außenwelt als unräumlich, so geschieht es also, damit nicht der Raum eines besonderen Sinnes auf die Außenwelt übertragen wird. Die Eigenart unserer Reproduktionsgesetze verleitet zu einer solchen Übertragung, die denn auch der naive Mensch ohne weiteres zu vollziehen pflegt. Demgegenüber soll durch die Betonung der Unräumlichkeit der Außenwelt die Subjektivität der Sinnesräume hervorgehoben werden. Wie wir aber geometrische Vorstellungen auf analytische übertragen und von der Strecke, dem Wege, dem Gebiete einer Variablen reden, so können wir auch von einem Außenweltraume sprechen. Nur müssen wir uns stets vergegenwärtigen, daß allein die erwähnte Zuordnung zu den Sinnesräumen durch diesen Sprachgebrauch ausgedrückt werden darf.

Raum und Zeit sind von der Philosophie sehr oft als in gewisser Weise koordinierte Vorstellungen betrachtet worden, und diese Betrachtungsweise hat durch Kants transzendente Ästhetik etwas von einer Sanktion erhalten. Haben wir die Subjektivität der Raumwahrnehmung vertreten, so scheint damit auch die Subjektivität der Zeit Anerkennung finden zu müssen.

Indessen zeigt schon Kants System, daß die Parallelität von Raum und Zeit ihre bald erreichten Grenzen hat. Und so wird obige Konsequenz für die Zeit doch eine genauere Prüfung fordern.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei vorausgeschickt, daß die Subjektivität der Zeit sich in einem bestimmten Sinne von selbst versteht, nämlich im Sinne der Subjektivität der Zeitschätzung. Daß unsere Schätzung einer Zeitdauer nicht mit einer etwaigen objektiven Zeit harmoniert, darüber kann kein Zweifel bestehen.

Das Problem ist demnach genauer zu fassen. Wir finden, daß alle unsere Bewußtseinsinhalte etwas an sich haben, auf Grund dessen wir sie als zeitlich, als in der Zeit sich abspielend auffassen. Wir fragen, ob dieses Etwas, vermöge dessen unsere Bewußtseinsinhalte zeitlich sind, auch den Außenweltsexistenzen zukommt. Das könnte trotz der Subjektivität der Zeitschätzung der Fall sein.

Wir haben zunächst auf einen Unterschied zwischen Räumlichem und Zeitlichem aufmerksam zu machen. Während nur ein Teil unserer Bewußtseinsinhalte räumlich ist, daneben aber eine Fülle unräumlicher Inhalte in uns sich findet, haben alle unsere Bewußtseinsinhalte die Eigentümlichkeit, als in der Zeit existierend auffaßbar zu sein. Daher ist uns eine Gesamtheit unräumlicher Inhalte wohl vorstellbar, nicht aber ein Komplex von Existenzen, die nicht als im zeitlichen Geschehen stehend betrachtet werden könnten, für die überhaupt die Zeit etwas ganz Bedeutungsloses wäre, wie es für nichtsinnliche Gefühle der Raum ist.

Hier liegt nun die Frage nahe, ob denn im Begriff der Existenz nicht schon ein Moment des Zeitlichen stecke. Ist Sein gleich Qualitativ-Sein gleich Bewußt-Sein, so, ließe sich vielleicht sagen, müsse eben alles Sein als Bewußt-Sein etwas Zeitliches an sich haben, weil dieses Zeitliche notwendig im Begriffe des Bewußten stecke. Dagegen wäre wiederum zu erwägen, ob bei dieser Überlegung nicht etwas, das vielleicht erst durch die Eigenart der Zusammenfassung unserer Bewußtseinsinhalte zum Komplex unseres Gesamtbewußtseins zustande kommt, dem Bewußten als solchem, abgesehen von aller Zusammenfassung, zugeschrieben wird.

Die Entscheidung solcher Fragen muß zuletzt der allgemeinen Metaphysik anheimgestellt werden. Jedenfalls aber müssen wir anerkennen, daß die Annahme der Objektivität der Zeit von

vornherein weit mehr für sich hat, als die der Objektivität des Raumes. Sind alle Existenzen, die wir, irgendein Mensch oder Tier, in unseren Bewußtseinen vorfinden, in der Zeit, warum sollten wir nicht die Außenweltsexistenzen nach Analogie derselben denken, da diese ja wie jene ihrem Wesen nach qualitativ sind?

Schließlich müssen wir gestehen, daß für uns die Frage eigentlich schon längst entschieden ist und zwar auf Grund der Regelmäßigkeitsvoraussetzung. Weshalb haben wir die Existenz einer Außenwelt anerkannt? Doch nur der Regelmäßigkeitsvoraussetzung zu Liebe, um unbedingt regelmäßige Antezedenzen für die Wahrnehmungen zu bekommen. Ein Antezedens muß etwas sein, was vorhergeht in der Zeit, also selbst in der Zeit steht. Haben wir Außenweltsexistenzen als Antezedenzen einmal anerkannt, so haben wir damit schon entschieden, daß diese Existenzen in der Zeit sind. Gibt es in der Außenwelt Ursachen, Wirkungen, Beharrendes, so stehen diese Ursachen und Wirkungen trotz Kants zeitloser intelligibler Kausalität, ebenso wie das Beharrende in der Zeit. Die Annahme einer zeitlosen Kausalität hat nach unserer Kausalitätsauffassung einen Widerspruch in sich, wir müssen sie also verwerfen. Auf Grund der Regelmäßigkeitsvoraussetzung muß man also die Objektivität der Zeit anerkennen.

In Anbetracht der Schwierigkeit der Frage und der Unvollständigkeit der Behandlung, die wir ihr zukommen lassen können an dieser Stelle, wollen wir darauf verweisen, daß das Folgende den soeben angedeuteten Standpunkt nicht notwendig voraussetzt. Vielmehr ist es auch mit einem anderen Standpunkte wohl vereinbar, den wir jetzt kurz skizzieren wollen.

Nehmen wir einmal an, unsere Wahrnehmungen seien zwar nicht durch die Außenwelt verursacht, aber doch durch dieselbe eindeutig bestimmt. Es könnte wohl sein, daß diese unsere Wahrnehmungen eindeutig bestimmende Welt unzeitlich wäre, wie wir in der analytischen Geometrie Punkte im Raume eindeutig bestimmen durch Koordinaten, Zahlen, die an sich nichts Räumliches zu haben brauchen. Lassen wir nun einmal alles beiseite, was für oder gegen die Annahme einer solchen zeitlosen, unzeitlichen Welt spricht, so müssen wir doch, falls die eindeutige

Bestimmtheit der Wahrnehmungen festgehalten wird — und was soll ohne diese jene Welt für uns —, darauf bestehen, daß einem zeitlichen Unterschiede in unserer Wahrnehmung ein Unterschied in der zeitlosen Welt entspricht. Wie die eindeutige Bestimmtheit der Wahrnehmungen fordert, daß dem Auseinandersein der Wahrnehmungselemente in den Sinnesräumen ein Unterschied in der Außenwelt entspricht, so muß auch dem Auseinandersein zweier Wahrnehmungselemente in der Zeit, dem Nacheinander, dem zeitlichen Unterschied ein Unterschied in der etwaigen zeitlosen Welt korrespondieren. Der Mannigfaltigkeit der Zeitunterschiede in der Wahrnehmung müssen wir also eine Mannigfaltigkeit von Unterschieden in jener zeitlosen Welt zuordnen, so daß erstere durch letztere eindeutig bestimmt ist, ihr eindeutig zugeordnet werden kann.

Wir hätten dann von der Subjektivität der Zeit in einem ähnlichen Sinne zu sprechen, wie wir von der Subjektivität des Raumes geredet haben. Hier wie dort sind in der Außenwelt Mannigfaltigkeiten anzunehmen, die dem subjektiven Raume, der subjektiven Zeit entsprechen. Schließlich können wir denn auch, wie wir die unräumliche Mannigfaltigkeit der einer Variablen zu erteilenden Werte in der mathematischen Analysis durch räumliche Ausdrücke wie Strecke, Weg, Gebiet der Variablen wiedergeben pflegen, jene Mannigfaltigkeiten in einer unräumlichen und unzeitlichen Welt als räumlich und zeitlich bezeichnen. Wir müssen dann stets im Auge behalten, daß diese Bezeichnungen nur die Tatsache der Zuordnung wiedergeben sollen. Das „räumlich“ und „zeitlich“ ist als „dem Räumlichen bzw. Zeitlichen in uns zugeordnet“, „entsprechend“ aufzufassen. Wenn der Leser im folgenden die Sache so deuten will, wo wir von Raum und Zeit sprechen, so wird er, hoffe ich, keine Schwierigkeiten finden. Und wenn er dann auch geneigt ist, diese eindeutige Bestimmtheit unserer Wahrnehmungen durch die unräumliche und unzeitliche Welt (der Dinge an sich) als Bewirkung auf Grund intelligibler Kausalität zu bezeichnen, so entsteht eine terminologische Streitfrage, die wir hier beiseite lassen können. Für unsere Zwecke genügt die Anerkennung jener unseren räumlichen und zeitlichen Mannigfaltigkeiten der Wahrnehmung korrespondierenden, zugrunde liegenden Mannigfaltigkeiten in einer Welt, die die Ge-

samtheit der Wahrnehmungen eindeutig bestimmt. Ich hebe ausdrücklich hervor, daß alle Ausdrücke, die von spezielleren, bestimmteren Voraussetzungen über die Art dieser Bestimmtheit herkommen, in dem entsprechenden weiteren Sinne genommen, gedeutet werden können, der nur die zuletzt besprochene eindeutige Bestimmtheit voraussetzt, ohne irgendwelche weiteren Annahmen über sie. Ich sage können, nicht müssen oder sollen. Denn wie aus der Gesamtheit der bisherigen Ausführungen hervorgeht, scheinen mir Gründe für speziellere Voraussetzungen (bezüglich der Zeit und damit der Kausalität) nicht zu fehlen. Aber für den Kern der im folgenden darzulegenden realistischen Auffassungsweise physikalischer Hypothesen kommt die Entscheidung über solche weiteren Voraussetzungen eigentlich nicht in Betracht. Bleibt nur die eindeutige Bestimmtheit der Wahrnehmung durch eine zugrunde liegende Realität, so behält das Auszuführende seinen Sinn. Es bedarf nur einer weiteren Auffassung der Bezeichnungen.

Raum- und Zeitbeziehungen sind es, die die Existenzen individualisieren. Identisch im strengsten Sinne ist nur das, was inhaltlich gleich, aber auch zu gleicher Zeit an gleichem Orte ist, d. h. nur jede individuelle Existenz mit sich selbst. Unterscheiden sich zwei Existenzen nur durch die Orte und Zeiten, so sprechen wir von einer Gleichheit dieser Existenzen. So können wir zunächst von der Gleichheit von Bewußtseinsinhalten sprechen, die in Menschen- oder Tierseelen auftreten. Es fragt sich nun, ob wir den Begriff der Gleichheit auf die Existenzen der Außenwelt anwenden können, d. h. ob wir Gleichheiten in der Außenwelt erkennen können. Da ist zuzugeben, daß gewisse Schwierigkeiten vorliegen. Gleiche Wahrnehmungen können von verschiedenen Außenweltsexistenzen herrühren. Wir können also, strenge genommen, immer nur die Möglichkeit des Vorliegens von Gleichheiten in der Außenwelt behaupten. Nehmen wir an, die Gleichheit zweier Wahrnehmungen sei durch die Gleichheit zweier entsprechender Außenweltsexistenzen zu erklären, so bilden wir eine Hypothese. Nun geht es aber hier wie bei der nahe verwandten hypothetischen Annahme von Beharrendem in der Außenwelt: in vielen Fällen kann die Hypothese so zahlreiche Bestätigungen erfahren, daß ihre Wahrchein-

lichkeit praktisch der Gewißheit nahe oder gleichkommt. Bringen z. B. die als gleich angenommenen Außenweltsdinge ihrerseits immer Wirkungen in der Außenwelt hervor, die sich wiederum in gleichen Wahrnehmungen manifestieren, so steigt dadurch die Wahrscheinlichkeit der Annahme. Denn es wäre doch ein ganz unwahrscheinlicher Zufall, daß wirklich verschiedene Ursachen immer wieder zu Wirkungen führen sollten, die gleiche Wahrnehmungen hervorriefen. Also auch über in der Außenwelt vorhandene Gleichheiten können wir wahrscheinliche Aussagen machen.

Das Beharren ist eine Gleichheit im zeitlichen Verlaufe, bei der nur kontinuierliche Veränderungen der Zeit, eventuell auch des Ortes vorkommen. Wir hätten vom Beharren in der Außenwelt also an dieser Stelle handeln können. Jedoch schien mir die Annahme von beharrenden Außenweltsexistenzen schon an dem früheren Orte zu erörtern zu sein, damit der direkte Zusammenhang derselben mit der Regelmäßigkeitsvoraussetzung ans Licht träte.

Die Existenz von Mehrheiten von Gleichem, von Verschiedenem, von Beharrendem in der Außenwelt und unsere Wahrscheinlichkeitserkenntnis von alledem macht eine ausgedehnte Anwendung der Zahlenlehre auf die Außenwelt möglich. Besonders das Beharren von gleichen Existenzen, d. h. von solchen, die sich nur durch raumzeitliche Beziehungen unterscheiden, fordert zum Zählen auf. Indessen findet der Zahlbegriff auch auf Verschiedenes und auf Nichtbeharrendes manche Anwendung. Wissen wir ja doch nicht, ob die Gleichheit von zwei Dingen eine absolut vollständige ist; sondern wie wir nur relative, wenn auch sehr weitgehende Beharrlichkeit in der Außenwelt feststellen konnten, so vermögen wir auch nur Aussagen über relative, angenäherte, wenn auch sehr weitgehende Gleichheit zu machen. Letztere führt aber zum Verschiedenen hinüber, wie das relativ Beharrliche zum Nichtbeharrenden.

Es braucht nur im Vorübergehen erwähnt zu werden, daß den Anwendungen arithmetischen Wissens auf die Außenwelt immer nur wahrscheinliche Gültigkeit zukommen kann, mag das arithmetische Wissen selbst unbedingt gültig sein oder nicht. Durch die bloße Wahrscheinlichkeit des arithmetisch behandelten

Materials, bzw. der Erkenntnis desselben, können auch die Resultate nie mehr als allerdings hohe Wahrscheinlichkeit gewinnen, der vielleicht anzunehmenden unbedingten Gewißheit der Arithmetik zum Trotz.

Das Ergebnis der letzten Überlegungen ist, daß eine wahrscheinliche zahlenmäßige Erkenntnis über Außenweltsexistenzen wohl möglich ist.

Fassen wir das bisher in diesem Abschnitte Ausgeführte zusammen, so können wir sagen, daß wir in der Außenwelt mit Wahrscheinlichkeit (relativ) beharrende Existenzen, Veränderungen, kausale Zusammenhänge, Unterschiede, speziell solche, die denen des Raumes und der Zeit in den Wahrnehmungen entsprechen, Gleichheiten (wenigstens angenäherte) und Zahlverhältnisse erkennen können. Und das alles, obwohl die Erkenntnis der Außenwelt aus der Wahrnehmung eine Erkenntnis aus der Wirkung ist. Dabei haben wir uns streng an die Überzeugung gehalten, daß der Zusammenhang von Ursache und Wirkung ein synthetischer (nicht analytisch-rationaler) sei, wie Hume und Kant es wollten. Wir glauben aber gezeigt zu haben, daß dieser Hume-Kantsche Standpunkt durchaus nicht einen Agnostizismus in Bezug auf die Außenwelt im Gefolge hat, daß vielmehr eine Reihe von sehr wichtigen, wenn auch nur wahrscheinlichen Außenweltserkenntnissen möglich bleibt. Wenn man diese Erkenntnisse ihres gemeinsamen Charakters wegen als formale bezeichnen will gegenüber der qualitativen Erkenntnis von Menschen- und Tierbewußtsein, so ist das Sache der Terminologie.

Wir würden allerdings die so gewonnene Außenweltserkenntnis lieber als eine relative bezeichnen, weil dieser Ausdruck besser ihren Charakter wiedergibt und auch weniger vieldeutig und unklar symbolisch ist. Beharren und Veränderung, Kausalität, Verschiedenheit und Gleichheit sind Ausdrücke für Beziehungen. Den räumlichen und zeitlichen Unterschieden in der Wahrnehmung entsprechend nahmen wir Unterschiede in der zugrunde liegenden Außenwelt an. Der Unterschied ist eine Relation.

Ob die metaphysische Untersuchung auch eine qualitative Erkenntnis der Außenwelt vermitteln kann, oder ob wir bei einer gänzlich relativen stehen bleiben müssen, braucht hier nicht entschieden zu werden. Da die naturwissenschaftliche Erkenntnis



zuletzt Erkenntnis aus den Wahrnehmungen, also der Ursachen aus den Wirkungen ist, bleibt sie notwendig relativ. Wo naturwissenschaftliches Wissen den Charakter der Relativität in obigem Sinne abzustreifen sucht, wird demnach unsere Kritik einzusetzen haben.

Zwei Einwände gegen die Behauptung der Relativität aller naturwissenschaftlichen Außenweltserkenntnis könnten sich auf bisher Ausgeführtes stützen. Man könnte sagen, wenn alles Sein Qualität-Sein, Bewußt-Sein in dem dargelegten Sinne ist, so steht doch auch für die naturwissenschaftliche Außenweltserkenntnis fest, daß die Außenweltsexistenzen qualitativ sind, bewußt sind. Gewiß, das haben wir anzuerkennen und schon anerkannt. Wenn man das eine nichtrelative oder gar eine qualitative Erkenntnis der Außenwelt nennt, so ist das Sache der Bezeichnung und eine Erörterung an dieser Stelle überflüssig.

Der zweite Einwand ist bedeutsamer und wird uns zu einer bedingten Konzession führen. Wir haben eine Reihe von Gründen für die Objektivität der Zeit angeführt und insbesondere gezeigt, wie diese Annahme mit der Regelmäßigkeitsvoraussetzung, insbesondere mit dem Kausalprinzip zusammenhängt. Hat der Leser diesen Gründen beigepflichtet und die objektive Gültigkeit der Zeiterkenntnis anerkannt, so wird er vielleicht Bedenken tragen, diese als relativ zu bezeichnen. Er wird vielmehr geneigt sein, in diesem Punkte dem Naturwissenschaftler eine absolute Erkenntnis-zuzugestehen. Wenn die Objektivität der Zeit angenommen wird, müssen wir also die obige Behauptung der Relativität naturwissenschaftlicher Erkenntnis dahin einschränken, daß Zeiterkenntnisse über die Außenwelt in einem gewissen Sinne absolut (wenn auch nur wahrscheinlich) sind. Sie sind in ähnlichem Sinne absolut, als wir die Zeiterkenntnis in Bezug auf unseren eigenen Bewußtseinsverlauf absolut nennen können.

Immerhin bleibt zu bemerken, daß die Naturwissenschaft diese etwa als nichtrelativ zu bezeichnende Erkenntnis von Betrachtungen hernimmt, die metaphysisch zu nennen sind. Schließlich konnten wir ja auch dem Leser in Bezug auf die Frage nach Objektivität oder Subjektivität der Zeit eine gewisse Freiheit lassen. Die endgültige Behandlung des Zeitproblems gehört jedenfalls nicht hierher, sondern in die allgemeine Metaphysik.

VI. Der Körper.

Die Naturwissenschaft ist die Wissenschaft von der Welt der Körper. Der Begriff des Körpers ist also der eigentliche Grundbegriff der Naturwissenschaft. Wir haben im folgenden die Aufgabe, diesen Begriff einer genaueren Untersuchung zu unterziehen.

Wie für den unbestimmteren Begriff der Außenwelt ist auch für den spezielleren des Körpers die Sinneswahrnehmung der Ausgangspunkt. Unsere Sinneswahrnehmungen forderten auf Grund der Regelmäßigkeitsvoraussetzung nicht in Menschen- und Tierbewußtsein auffindbare Antezedenzen; die Gesamtheit dieser Antezedenzen nannten wir Außenwelt, indem wir einer Bezeichnung aus dem Denken des naiven Menschen einen sehr weiten Sinn gaben. Damit ist nun noch nichts darüber ausgemacht, welcherart diese „Außenwelt“ sei. Unter den so gefaßten Außenweltsbegriff fallen der Gott Berkeleys und die unbewußte produktive Einbildungskraft Fichtes. Denn beides sind metaphysische Existenzen, die die Sinneswahrnehmungen in uns hervorrufen.

Die Naturwissenschaft denkt sich metaphysische Existenzen ganz anderer Art, die als Ursachen unserer Sinneswahrnehmungen aufzufassen wären. Ihr ist die Empfindungen in uns hervorrufende Außenwelt wesentlich Körperwelt. Wir haben zu prüfen, inwieweit diese naturwissenschaftliche Auffassung zu Recht besteht oder wie sie gegebenenfalls umzubilden ist.

Wir haben erfahren, wie unsere Sinneswahrnehmungen zu der Annahme einer Vielheit von Außenweltsexistenzen führen. In der Sinneswahrnehmung liegt eine Mannigfaltigkeit von Unterscheidbarem vor, dessen Verschiedenheit von dreierlei Art sein kann: qualitativer, räumlicher und zeitlicher Natur. Ob diese Arten des Unterschieds ganz oder teilweise ursprünglich sind, ob z. B. gewisse räumliche Verschiedenheiten, etwa der Tiefen-

oder Entfernungswahrnehmung durch den Gesichtssinn auf qualitative Verschiedenheiten zurückführbar sind, geht uns hier nichts an. Jeder der drei Arten von Unterschieden müssen Arten von Unterschieden in der Außenwelt entsprechen. Rot und grün unterscheiden sich qualitativ, die Ursachen der Rot- und der Grünwahrnehmung müssen verschieden sein. Ein roter Punkt unterscheidet sich von einem anderen räumlich; ein entsprechender Unterschied muß in der Außenwelt zugrunde liegen, den wir auch im weiteren Sinne als räumlich bezeichnen; wir wissen aber, daß dieser räumliche Unterschied in der Außenwelt etwas ganz anderes ist, als Ortsunterschiede in einem der Sinnesräume. Dem Zeitunterschied zweier aufeinanderfolgender Rotempfindungen muß ebenfalls ein Zeitunterschied in der zugrunde liegenden Außenwelt zugeordnet werden.

In einem bestimmten Momente haben wir demnach in der Außenwelt eine Vielheit von Existenzen, d. h. Qualitäten, die räumlich getrennt sind in dem ausgeführten, übertragenen Sinne. In der Zeit ändert sich diese Vielheit und zwar nach den Anforderungen der Regelmäßigkeitsvoraussetzung gesetzmäßig, wobei indessen das Beharren zahlreicher Existenzen nicht ausgeschlossen ist.

Hat die so geschilderte Außenwelt schon körperlichen Charakter? Sicherlich kommt den Teilen jener Vielheit manches zu, was der Physiker als zu dem Begriff des Körpers gehörig betrachtet. Die Teile der Vielheit sind im weiteren Sinne räumlich, sie beharren zum Teil. Gerade das letztere ist bedeutsam; denn dadurch treten jene Teile der Außenwelt in einen gewissen, wenn auch durchaus nicht absoluten Gegensatz zu unseren Empfindungen, die viel weniger beharrlich sind.

Indessen pflegt der Naturwissenschaftler in den Begriff des physischen Körpers doch mehr hineinzulegen als allein das Imraumesein und ein relatives Beharren. Vor allen Dingen ist der Körperbegriff des naiven Menschen wie der Naturwissenschaft eng verbunden mit dem der Raumerfüllung. Der Körper wird nicht nur allgemein als im Raume existierend allein, sondern auch speziell als raumerfüllend, nach drei Dimensionen ausgedehnt gedacht. Ob die letzten Teile der Körper auch noch raumerfüllend sind, wie die Atome meist vorgestellt werden, oder

ob sie mathematische, unausgedehnte Punkte sind, deren Komplexe ihre Ausdehnung oder Raumerfüllung nur von den Entfernungen der letzten Teile voneinander¹ haben, ist dann eine weitere Frage.

Wir müssen demnach entscheiden, ob die Außenweltsexistenzen nicht nur im Raume sind, sondern ob sie auch raumerfüllend sind, immer natürlich in dem ausgeführten weiteren Sinne. Und diese Frage ist selbstverständlich zu bejahen. Ich habe zum Beispiel einen warmen, halbflüssigen Körper, etwa Gelatine. Ich kann mit dem Finger in der Masse hin und her fahren, überall habe ich das Gefühl der Wärme. In meinem Sinnesraume befindet sich also raumerfüllend, sagen wir einmal die Möglichkeit der Wärmeempfindung. Nacheinander empfinde ich Wärme an einer räumlichen Vielheit voneinander benachbarten Stellen im Sinnesraume. Entsprechend muß auch die die Wärmeempfindung erzeugende Außenweltsexistenz an einer Vielheit voneinander benachbarten Stellen im Außenweltraume angenommen werden. Auf Grund der Auseinandersetzung über das Beharren von Außenweltsexistenzen und der Erfahrung, daß ich wieder Wärme in gleicher Weise empfinde, wenn ich mit dem Finger zu einer schon vorher berührten Stelle der Gelatine zurückkehre, nehme ich an, daß die die Empfindung hervorrufoende Außenweltsexistenz beharrt an den Stellen, die ich im Augenblick nicht berühre. Ich komme so zu der Überzeugung, daß die Außenweltsursache der Wärmeempfindung nicht nur im Raume, sondern raumerfüllend ist, beides in dem angeführten Sinne. Auf Grund ganz ähnlicher Erfahrungen nehme ich an, daß die Außenweltsexistenz, welche meiner Wahrnehmung eines Eisenblocks entspricht, raumerfüllend ist. Wenn auch hier das Eindringen in das Innere mehr Schwierigkeiten macht, so ist es doch immerhin möglich bei Zuhilfenahme passender Mittel. Immer ist allerdings die Voraussetzung des Beharens der Empfindungsursachen notwendig, auch wenn die Empfindung für die betreffende Stelle nicht mehr existiert. Diese Voraussetzung ist aber induktiv gerechtfertigt und nichts als eine Konsequenz der Regelmäßigkeitsvoraussetzung.

Die den Sinneswahrnehmungen von Tischen, Stühlen, Stäben, Kristallen, Flüssigkeiten und Gasen entsprechenden Außenwelts-

existenzen sind demnach nicht nur im Raume, sondern sie sind auch raumerfüllend. Ob diese raumerfüllenden Außenweltsexistenzen nun aus Teilen bestehen, die immer noch raumerfüllend sind, oder aus unausgedehnten Punkten, die gewisse Entfernungen voneinander besitzen, so daß ein Komplex von solchen Punkten raumerfüllend ist, bleibt für uns noch völlig dahingestellt.

Ich glaube, daß wir bei dieser Lage der Dinge unbedenklich von Körpern in der Außenwelt reden dürfen. Will aber jemand ein Existierendes, welches raumerfüllend und beharrlich ist, noch nicht als Körper bezeichnen, so kann ich mich ihm gegenüber auf Späteres berufen. Wenn aber ein Stück Eisen etwa als Körper bezeichnet wird und dabei an das in der Außenwelt Existierende gedacht wird, so versteht es sich von selbst, daß der Körperbegriff dabei in entsprechendem übertragenem Sinne gebraucht wird, wie der Raumbegriff von uns im übertragenen Sinne auf die Außenwelt angewandt wurde. Wir können daher hier auf die Ausführungen zurückverweisen, die wir oben zur Einführung des auf die Außenwelt übertragenen Raumbegriffes gaben. Auch hier scheint mir trotz der Gefahr einer falschen Deutung die angenommene Verwendung des Wortes Körper geraten, weil wir auf Grund derselben eine umständliche Übersetzung physikalischer Erkenntnisse ins Metaphysische vermeiden. Wenn wir nun z. B. sagen, zwei Körper bewegen sich aufeinander zu, so hat dies Urteil sofort einen Sinn für die Außenwelt, indem wir die Bezeichnungen Körper und Bewegung oder Ortsveränderung in übertragenem, weiterem Sinne verwenden.

Wir haben soeben das Merkmal der Raumerfüllung als bedeutsam für den Körperbegriff auf die Außenwelt übertragen bezw. umgedeutet. Dieses Merkmal der Raumerfüllung oder Ausgedehtheit steht in enger Beziehung zu dem der Undurchdringlichkeit. Wir können das den Körpern Undurchdringlichkeit zusprechende Gesetz ausdrücken, indem wir sagen: der Raum, der von einem Körper erfüllt wird, kann nicht gleichzeitig von anderen erfüllt werden; oder: wo ein Körper ist, kann nicht zugleich ein anderer sein. Auf der Undurchdringlichkeit der Körper für den besonderen Körper, der von uns als Leib bezeichnet wird, beruht die Wahrnehmung der Raumerfüllung durch den Tast-Bewegungssinn.

Gilt die Undurchdringlichkeit für unsere Wahrnehmungen von Körpern, so gilt sie auch für die Außenweltskörper. Sehe ich ein Stück Holz und ein Stück Eisen nie an demselben Orte im Sinnesraume, so können die entsprechenden Außenweltskörper auch nicht den gleichen Ort im Außenweltsraume haben, d. h. auch in der Außenwelt sind diese Körper undurchdringlich. Dabei wird nur vorausgesetzt, daß der Ortsverschiedenheit im Sinnesraume Ortsverschiedenheit in der Außenwelt entspricht, was die Regelmäßigkeitsvoraussetzung fordert. — Wir wollen übrigens bemerken, daß bei unseren Erörterungen keineswegs die Gültigkeit des Undurchdringlichkeitsgesetzes vorausgesetzt zu werden braucht. Der Körperbegriff kann meines Erachtens auch ohne die Annahme oder das Merkmal der Undurchdringlichkeit bestehen. Für unsere Wahrnehmung ist das Mischen von Flüssigkeiten oder Gasen zunächst ein Durchdringen; wo Wasser ist, kann auch Alkohol gleichzeitig sein; wo Sauerstoff ist, kann zugleich Kohlensäure sein. Erst nachträglich deutet die Naturwissenschaft die Erfahrungstatsache der Existenz von Gemischen usw. so um, daß sie mit der Allgemeingültigkeit des Undurchdringlichkeitsgesetzes verträglich wird. Sie vermag das mit Hilfe der Hypothese von der körnigen, molekularen Struktur der Materie. Von dieser Deutung ist die Anerkennung der körperlichen Natur von Flüssigkeiten ganz unabhängig. Deshalb scheint es mir nicht angebracht, das Merkmal der Undurchdringlichkeit in den Begriff des Körpers von vornherein aufzunehmen.

Vielmehr haben wir zu sagen, daß als Körper das raumerfüllend in der Außenwelt Existierende zu bezeichnen ist. Hierbei ist nicht das Erfüllend schon so zu fassen, daß darinnen bereits die Undurchdringlichkeit liegt, sondern nur das Existieren nicht nur an einem Punkte, vielmehr in einem ganzen Raume soll betont werden. Existieren heißt nun nach unseren früheren Ausführungen Qualität-Sein in dem Sinne, indem unsere Bewußtseinsinhalte, Gefühle, Farben-, Wärme-, Tonempfindungen usw. Qualitäten sind. Ein Körper in der Außenwelt wäre demnach eine einen gewissen Außenweltsraum — sei es kontinuierlich oder diskontinuierlich — erfüllende Qualität, beziehungsweise ein Komplex von solchen Qualitäten. Im letzteren Falle müßten aber die Qualitäten so zu einem Komplex zusammengefaßt sein, daß

sie miteinander beständen und vergingen, daß wenigstens der Körper ein anderer würde, wenn eine Qualität des Komplexes sich änderte. Bestände nicht solch ein enges Zusammenverbundensein der Qualitäten, könnten vielmehr die einzelnen Qualitäten raumerfüllend auseinandertreten, so würden wir nicht von einem Körper reden, sondern von einem Gemisch oder etwas Ähnlichem von mehreren Körpern. Diese müßten dann entweder nicht-undurchdringlich sein, daß heißt den gleichen Raum erfüllen können, oder nur scheinbar durchdringlich auf Grund von diskontinuierlicher Raumerfüllung. Ob ein Außenweltskörper wirklich aus mehreren festverbundenen Qualitäten bestehen kann, die an demselben Außenweltsort sind, denselben Außenweltsraum erfüllen, so daß die Qualitäten nicht-undurchdringlich wären füreinander, kann an dieser Stelle nicht entschieden werden.

Jedoch ist hier der Ort, auseinanderzusetzen, welcherart das Verhältnis des Körpers zu den Eigenschaften desselben im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, wobei auch zum Substanzbegriff kurz Stellung genommen werden mag.

Im täglichen Leben wird die Bezeichnung Eigenschaft in sehr weitem Sinne angewandt, wie schon die Übersetzung von Adjektiv mit Eigenschaftswort zeigt. Vorgänge, die sich an einem Körper abspielen, und Beziehungen nennen wir unbedenklich Eigenschaften. Den Vorgängen und Beziehungen schreiben wir wiederum Eigenschaften zu.

Wir wollen zunächst diejenigen Eigenschaften betrachten, die den Qualitäten der Empfindung entsprechen, also Farben, Töne, Wärmegrade, Geschmäcke, Gerüche, Härte oder Weichheit usw. Das naive Denken faßt einen Körper auf als einen raumerfüllenden Komplex von Eigenschaften, die mit den wahrgenommenen Empfindungsqualitäten identisch sind. Ein Stück Siegellack ist da vorhanden, wo ein so und so geformter Raumteil durch und durch rot ist, hart ist usw. * Und zwar ist derselbe Raumteil rot und hart. Rote Farbe und Härte sind an demselben Orte; sie sind füreinander nicht undurchdringlich. Besteht nun das Stück Siegellack aus derartigen Eigenschaften, wie rote Farbe, Härte usw., die einen gewissen Raum erfüllen? Oder kommt nach der naiven Auffassung noch etwas hinzu, was hinter oder über den Eigenschaften steht, an dem die Eigenschaften sind

oder haften, inhärieren, von dem sie Eigenschaften sind? Mir scheint, daß im naiven Denken die Vorstellung eines Trägers der Eigenschaften, einer Substanz, eines wesentlichen Kernes, an dem die Eigenschaften nur als eine Realität gleichsam zweiten Ranges haften, noch nicht ausgebildet ist. Das Problem, welches die Philosophie hier gestellt hat, kommt dem einfachen Menschen nicht zum Bewußtsein. Auf ihn wirkt die sinnliche Qualität noch mit solcher Energie, daß er nicht zur Vorstellung eines selbst nicht qualitätseienden Trägers als der Hauptsache an einem Körper gelangen kann. Wenn eine Entscheidung über die Überzeugung des schlichten Menschenverstandes auch nicht sicher möglich ist, weil ihm die Fragestellung fehlt, so scheint er mir doch dazu zu neigen, die Eigenschaften selbst als Kern eines Körpers zu betrachten, nicht ein substantielles Etwas, das hinter allen Eigenschaften stünde, anzunehmen. Eine Eigenschaft eines Körpers ist also für ihn ein integrierender Teil des Körpers, und der Körper ist nichts als ein Komplex von Eigenschaften. Daher hält der naive Mensch die Rose für rot, wenn keiner sie sieht, den Zucker für süß, wenn keiner ihn schmeckt. Die Eigenschaft ist Eigenschaft eines Körpers, heißt, sie bildet mit anderen Eigenschaften diesen Körper; nehme ich eine Eigenschaft fort, so bleiben die übrigen, denke ich mir aber alle fortgenommen, so bleibt nichts zurück. Der Körper verschwindet, wenn alle seine Eigenschaften verschwinden.

Zu einer derartigen Auffassung scheint mir der naive Mensch wenigstens hinzuneigen. Ich habe dieselbe hier nur auseinandergesetzt, weil ich sie sehr bald doch dem Leser vorführen müßte. Im übrigen kommt es uns nicht so sehr darauf an, ob die Erörterung über die naive Vorstellung vom Körper und seinen Eigenschaften etwas Richtiges trifft. Jedenfalls können wir konstatieren, daß das philosophische Denken sehr bald eine gänzlich andere Auffassung entwickelt hat, indem es die korrelativen Begriffe der Substanz und der Qualität ausbildete. Wie kommt diese Auffassung zustande? Mir scheint, daß dabei verschiedenes zusammenwirkt. Zunächst alles das, was für die Subjektivität der Sinnesqualitäten spricht. Das, was der einfache Mann als Eigenschaften des Körpers ansah, wie Farbe, Härte usw., ist nur im Bewußtsein von Menschen oder Tieren, kann also nicht die

Realität des Körpers ausmachen. Das Wesen des Körpers muß vielmehr etwas sein, was hinter diesen Qualitäten, den Farben usw. steht. Der Körper existiert auch, wenn er nicht rot ist und nicht süß ist. Die Eigenschaften können sich verändern, wechseln, der Körper bleibt derselbe. — Hinzu kommt die Beziehung des Körperbegriffs auf den Tastsinn und die Sonderstellung dieses Sinnes, die hervorragende Zuverlässigkeit, welche wir ihm zuschreiben. So erscheint als substantieller Kern dem Naturwissenschaftler das Tastbare gegenüber dem Sichtbaren, Schmeckbaren, Riechbaren als den Eigenschaften. Dabei ist allerdings nur eine Qualität zum höheren Range der Substanz erhoben worden, der die übrigen Qualitäten nun angehängt werden. Wo dieser Sachverhalt durchschaut wird, ergibt sich dann sofort, daß die Substanz ein „I know not what“ ist, wie Locke sagte, daß wir uns bei dem Worte Substanz, Träger von Eigenschaften, nichts zu denken vermögen. — Ich bemerke, daß ich nur von der Substanz als dem Träger von Qualitäten spreche. Ob die anderen Begriffsbestimmungen der Substanz anders zu werten sind, ist eine weitere Frage.

Was soll es denn auch heißen, die Substanz sei der Träger von Eigenschaften? Wir wissen, was es heißt, ein Baum trägt Früchte, ein Mensch trägt ein Kleid. Gerade an letzterem Beispiel ist vielleicht etwas, das den bildlichen Sprachgebrauch erläutern kann. Wie der Mensch sein Kleid trägt, so trägt die Körpersubstanz ihre Farbe. Das könnte heißen, die Farbe ist nur außen an der Substanz, außen im räumlichen Sinne. Aber das ist offenbar nicht gemeint, denn wir sagen nicht bloß, rote Farbe sei eine Eigenschaft eines rot angestrichenen Eisenstückes. Und erst recht ist Zucker nicht deshalb süß, weil die Oberfläche süß ist. Chlor riecht nicht so und so, weil die Peripherie eines Chlorvolums den Geruch hat. Räumlich ist also der Ausdruck des Tragens nicht zu fassen.

Aber in jeder Beziehung ist das Bild des Menschen mit seinem Kleide, wie überhaupt das Tragen, verfehlt. Der tragende Mensch verhält sich zu dem getragenen Kleide als ein körperliches Ding zu einem anderen. Analog könnten wir die tragende Substanz auffassen als eine Qualität, die andere Qualitäten trägt, an sich hat, und könnten als tragende Qualität viel-

leicht die des Tastsinnes wählen. Aber diese dem obigen Bilde analoge Auffassung wird eben bestritten. Die Substanz soll nicht eine hervorragende Qualität, sondern etwas alle Qualitäten Tragendes sein, und damit verliert das Bild alle Bedeutung. Die Bezeichnungen Träger und an diesem hängende, inhärierende Eigenschaft verlieren jeden Sinn, werden Wörter ohne Inhalt.

Soll also die Substanz allen Qualitäten gegenüber gestellt werden als ihr Träger, so können wir uns nichts dabei denken. Wir müssen den durch diese Gegenüberstellung charakterisierten Begriff als leer verwerfen. Aber die Tatsachen, die zu jenem Begriff führten, vor allem die Subjektivität der Sinneswahrnehmung und die Veränderlichkeit der Eigenschaften, bleiben natürlich bestehen und verlangen Berücksichtigung.

Für den Substanzbegriff ist es verhängnisvoll, daß unser Existenzialbegriff den uns gegebenen Existenzen, den gegebenen geistigen Inhalten entnommen ist. Wenn wir Außenweltsexistenzen überhaupt anerkennen, so heißt das nichts anderes, als daß wir etwas annehmen, welches irgendwie sich so verhält wie dasjenige Existierende, welches uns gegeben ist, wie unsere Bewußtseinsqualitäten. Das in der Außenwelt Existierende muß Qualität sein in dem Sinne, in dem unsere Bewußtseinsinhalte Qualitäten sind. Körper sind demnach aufzufassen als raumerfüllende Qualitäten. Ob ein homogener Körper aus einer einzigen solchen Qualität oder aus mehreren besteht, die denselben Raum erfüllen, sich also durchdringen, bleibt hier unentschieden. Jedenfalls ist das letztere durchaus nicht undenkbar.

Diese Überlegung stellt das Undurchdringlichkeitsgesetz in ein neues Licht. Wären zwei Qualitäten immer in demselben Raume, so würden wir sie als den gleichen einen Körper auffassen. Sind Qualitäten in verschiedenen Räumen, so betrachten wir sie als verschiedene Körper. Das Undurchdringlichkeitsgesetz wäre demnach zu formulieren: zwei Außenweltsqualitäten, die verschiedene Räume erfüllen, können nicht in denselben Raum erfüllend eintreten. Oder: wo eine oder mehrere Außenweltsqualitäten raumerfüllend sich befinden, dahin können nicht eine oder mehrere Außenweltsqualitäten gelangen, die gewöhnlich an anderen Außenweltsörtern sind. Zeigt die Erfahrung des naiven Menschen eine Durchdringlichkeit, z. B. von Wasser und

Alkohol bei der Mischung, so kann das Undurchdringlichkeitsgesetz entweder in der angeführten Form aufrecht erhalten bleiben unter Zuhilfenahme der Molekulartheorie, wie das in der Naturwissenschaft geschieht. Oder man faßt die Mischung usw. als die Entstehung eines neuen Körpers aus mehreren auf. Damit verliert aber die Undurchdringlichkeit den Charakter eines Naturgesetzes; denn wo eine Durchdringung zweier Körper für die naive Erfahrung vorliegt, sprechen wir einfach vom Entstehen eines neuen Körpers.

Das Undurchdringlichkeitsgesetz — oder sagen wir lieber vorläufig die Undurchdringlichkeitshypothese — hängt also aufs engste zusammen mit der Hypothese von der diskontinuierlichen, körnigen, molekular-atomistischen Konstitution der Körperwelt. Ist die letzte Hypothese unzutreffend, so muß das Undurchdringlichkeitsgesetz fallen, bezw. es bleibt nur eine Undurchdringlichkeitsauffassung günstigstenfalls bestehen, die aber vollkommen willkürlich ist. Ich glaube, dem naiven Menschen liegt es näher zu sagen, Wasser und Wein durchdringen sich bei der Mischung, als Wasser und Wein bilden einen einzigen neuen Körper. Die Undurchdringlichkeitsfrage wäre eine rein terminologische, die kaum Aufmerksamkeit verdiente. Soll die Undurchdringlichkeit eine sachliche Frage sein, so ist eine diskontinuierliche Konstitution der Materie vorauszusetzen.

Ob die Voraussetzung und damit die Undurchdringlichkeitshypothese zutreffen, ist hier nicht zu erörtern. Wir hatten nur klarzustellen, was von unserem Standpunkte aus unter den Annahmen zu verstehen ist.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zum Faden unserer Untersuchung zurück, so versteht sich nach dem in früheren Abschnitten Gesagten für uns von selbst, daß die eine oder die mehr oder minder zahlreichen raumerfüllenden Qualitäten, die einen Körper in der Außenwelt ausmachen, nicht ähnlich, gleich oder gar identisch zu sein brauchen oder wahrscheinlich sein werden mit den Qualitäten unserer Sinneswahrnehmung, die jener Körper in uns hervorruft. Das scheidet uns eben von der naiven Auffassung, für die eine solche Identität besteht. Demgegenüber halten wir an der Subjektivität der Sinneswahrnehmung fest, wie an der Subjektivität der Raumwahrnehmung. Aber wie

der Mannigfaltigkeit der Orte in den Sinnesräumen eine Mannigfaltigkeit in der Außenwelt zugrunde liegt, die wir wegen der Möglichkeit der Zuordnung auch als eine Mannigfaltigkeit von Orten in der Außenwelt bezeichnet haben, so liegt auch der Mannigfaltigkeit der Qualitäten der Sinneswahrnehmung eine Mannigfaltigkeit von anderen Qualitäten in der Außenwelt zugrunde.

Wir müssen nun an eine vorläufige Untersuchung der Frage treten, wie es sich mit der Zahl jener Qualitäten in der Außenwelt, speziell auch bei einem einzelnen, wenigstens scheinbar homogenen Körper verhält. Von vornherein scheint es nahe zu liegen, die Existenz einer großen Anzahl von Qualitäten in der Außenwelt vorauszusetzen, wie wir ja in unserem Bewußtsein eine Fülle von verschiedenen Qualitäten haben. Zunächst scheint nichts gegen eine solche Annahme zu sprechen. Wie wir in unserem Bewußtsein regelmäßige Aufeinanderfolgen von zahlreichen Qualitäten haben, so ist die ganze Welt nichts anderes als eine ungeheure Mannigfaltigkeit von Qualitäten. In ihr sind aber jene Regelmäßigkeiten lückenlos, während bei der alleinigen Betrachtung der in unserem Bewußtsein gegebenen Qualitäten zahlreiche Lücken bleiben, besonders für die Empfindungen. Durch die Hinzunahme der Qualitäten in der Außenwelt werden die Lücken in der Regelmäßigkeit ausgefüllt.

Man wird leicht darauf verfallen, soviel verschiedene Empfindung hervorrufende Qualitäten in der Außenwelt anzunehmen, als es verschiedene Empfindungsqualitäten gibt. Die Empfindung Rot würde etwa von einer anderen Außenweltsqualität hervorgebracht, als die Empfindung Grün, die Empfindung Grün von einer anderen als die Empfindung Warm, die Empfindung Warm von einer anderen als die Empfindung Kalt, die Empfindung Kalt von einer anderen als die Empfindung Schwer usw.

Notwendig ist diese Annahme indessen keineswegs, und eine andere Hypothese hat ihr gegenüber wenigstens in gewissen, wenn auch engen Grenzen schon beim naiven Menschen Anerkennung gefunden. Anstatt die Verschiedenheit von Sinnesempfindungen auf Verschiedenheit von Qualitäten in der Außenwelt zurückzuführen, können wir sie auch — in welchen Grenzen bleibt noch unerörtert — auf die Verschiedenheit von Relationen von Qualitäten zurückführen. Weiß und Schwarz sind qualitativ

verschiedene Empfindungen. Diese Verschiedenheit könnte darauf zurückgeführt werden, daß es in der Außenwelt eine Qualität gibt, die Weiß hervorruft und eine andere, die Schwarz hervorruft. Aber der Regelmäßigkeitsvoraussetzung kann auch Genüge geschehen durch die Annahme eines einzigen Etwas in der Außenwelt, das, je nach den anderen Umständen, Beziehungen, die Empfindung Weiß oder Schwarz hervorruft. Ich kann meinen, daß ein großes Quantum jener einen Qualität, Existenz, die Empfindung Weiß, ein geringes Maß die Empfindung Grau, die Abwesenheit jener Qualität aber die Empfindung Schwarz bedingt. So nahm die Fluidatheorie der Wärme an, daß ein wenig jener raumerfüllenden Qualität oder Qualitätengesamtheit, wie wir sagen müßten, also des hypothetischen Fluidums die Empfindung der Kälte, ein großes Quantum dagegen die Empfindung der Wärme veranlaßt.

Schon der naive Mensch macht solche Annahmen innerhalb gewisser enger Grenzen, obgleich er damit in einen Widerspruch gerät zu seiner Überzeugung von der Objektivität der Sinnesqualitäten. Er nimmt einerseits an, daß die Rose in der Außenwelt so rot ist, wie er sie sieht; auf der anderen Seite aber auch, daß die Rose auch rot ist, wenn er sie bei grüner bengalischer Beleuchtung etwa graugrün sieht. Seine Empfindung wäre demnach nicht allein bestimmt durch die Qualität, die Farbe in der Außenwelt, sondern auch durch gewisse andere Umstände, etwa räumliche Beziehungen zu einer Lichtquelle.

Die Wissenschaft bedient sich solcher Hypothesen, in denen qualitative Unterschiede der Empfindungen nicht einfach auf verschiedene Qualitäten in der Außenwelt zurückgeführt werden, sehr bald in weiteren Grenzen. So führt sie die qualitativ verschiedenen Tonwahrnehmungen nicht auf verschiedene Qualitäten zurück, die den verschieden tönenden Körpern in der Außenwelt zukämen, sie nimmt vielmehr an, daß qualitativ vielleicht gleiche Körper periodische Schwingungsbewegungen von verschiedener Schwingungszahl ausführen. Auf einem entsprechenden Grundgedanken beruhen alle mechanischen Hypothesen der Physik. Qualitätsunterschiede unserer Empfindungen werden auf Verschiedenheiten räumlicher Art, die sich an Körpern finden, zurückgeführt. Ein Körper leuchtet in verschiedenen Farben nicht je

nach der raumerfüllenden Qualität oder dem raumerfüllenden Qualitätenkomplex, sondern je nach der Bewegung, in der sich jene Qualitäten befinden. Dunkles, rot-, gelb- und weißglühendes Eisen sind nach der herrschenden naturwissenschaftlichen Auffassung nicht qualitativ verschieden, sondern sie unterscheiden sich durch den Bewegungszustand der Körperteilchen, d. h. der Raumteile erfüllenden Qualitäten.

Indessen ist die Zurückführung qualitativer Unterschiede der Empfindungen auf nichtqualitative in der Außenwelt nicht nur den üblichen mechanischen Hypothesen eigen. Wir haben bereits die Hypothese des Wärmefluidums besprochen. Auch in ihr wird der qualitative Unterschied von Warm und Kalt auf den nichtqualitativen, sondern quantitativen Unterschied, auf die größere oder geringere Menge von Wärmestoff zurückgeführt.

Wir können zusammenfassend sagen, daß nicht alle qualitativen Unterschiede in der Sinneswahrnehmung auf qualitative Unterschiede in der Außenwelt zurückgeführt werden brauchen. In einzelnen Fällen wäre eine solche Zurückführung sicher verfehlt, z. B. bei den Schallempfindungen. Eine wichtige Art von Zurückführungen qualitativer Unterschiede der Wahrnehmung ist die auf Bewegungsvorgänge in der Außenwelt, die für den Schall sicher zutreffend ist, in anderen Fällen zweifellos viele Erfolge erzielt hat. Aber nicht notwendig ist die Zurückführung auf nicht qualitative Unterschiede in der Außenwelt eine solche auf Bewegungsvorgänge, wie das Beispiel der Wärmestoffhypothese beweist. Durch die Reduktion qualitativer Unterschiede auf nicht qualitative wird die Zahl der die Außenwelt bildenden verschiedenen Qualitäten natürlich vermindert; wie weit diese Verminderung gehen darf, muß eine eingehende Prüfung lehren.

Um diese Prüfung einleiten zu können, wollen wir die Problemlage dadurch vereinfachen, daß wir einen einfachen homogenen Körper, sagen wir ein Stück Eisen oder Zinnober, unserer Betrachtung zugrunde legen. Wie weit darf in diesem Falle die Reduktion gehen?

Dies Stück Eisen ist grau, kalt, hart und schwer. Ihm entspricht in der Außenwelt ein raumerfüllender Komplex von Qualitäten, im Grenzfall vielleicht nur eine Qualität. Nehmen wir eine Vielheit von Qualitäten an, so werden wir entweder

überzeugt sein auf Grund der Homogenität, daß alle die Qualitäten an allen erfüllten Stellen des Raumes in gleicher Weise vorhanden sind, oder daß die Homogenität nur eine scheinbare ist. Der Körper bestände im letzteren Falle aus qualitativ verschiedenen, aber regelmäßig verteilten feinen, wegen ihrer Kleinheit einzeln unwahrnehmbaren Teilchen, deren jedes nun vielleicht einen wirklich homogenen Qualitätenkomplex darstellen würde. Der letztere Fall würde den chemischen Verbindungen nach der herrschenden Molekulartheorie entsprechen. Wir werden uns mit ihm noch eingehend zu beschäftigen haben. Vorerst liegt die erstere Annahme näher, und sie soll uns zunächst beschäftigen.

Wir könnten vielleicht von der Vorstellung ausgehen, daß jeder der wahrgenommenen Qualitäten, also den Empfindungen Grau, Kalt, Hart usw., eine Qualität entspräche, die die Empfindung hervorriefe. Ja, wir könnten noch weiter gehen und annehmen, daß den verschiedenen Wirkungsweisen des Körpers überhaupt auch weitere verschiedene Qualitäten zugrunde lägen. Eisen wirkt auf die Magnetnadel, es übt chemische Wirkungen aus usw.; diese Wirkungen sind den Wirkungen auf unsere Sinnesorgane, d. h. dem Hervorrufen von Empfindungen durchaus zu koordinieren. Entsprechen aber den verschiedenen Empfindungen verschiedene Qualitäten, so müßten demnach auch den anderen Wirkungsweisen, auf die Magnetnadel, auf chemische Reagenzien usw., verschiedene Qualitäten entsprechen. Der Außenweltskörper Eisen bestände demnach aus einer raumerfüllenden Qualität, die die Empfindung Grau, aus einer zweiten, die die Empfindung Kalt, aus einer dritten, die die Wahrnehmung Hart, aus einer vierten, die die Wirkung auf die Magnetnadel, aus einer weiteren, die die chemischen Wirkungen hervorriefe, und so fort.

Einige dieser Qualitäten müßten überdies als variabel betrachtet werden. Das Eisen kann kalt und warm sein, dementsprechend chemisch aktiv sein in verschiedenem Grade.

Dieser Auffassung gegenüber wird man mit vollem Rechte geltend machen, daß eine Ursache mehrere Wirkungen übernehmen könne. Vielleicht ist es ein und dieselbe Qualität, die die verschiedenen Empfindungen und die übrigen Wirkungen verursacht.

Eine solche Vermutung wird nun dem Einwande ausgesetzt

sein, daß die verschiedenen Empfindungen und Wirkungen nach ihr in engerem Zusammenhange stehen müßten, als die Erfahrung zeigt. Wäre es dieselbe Qualität, die die Empfindung der Kälte und die Wirkung der Schwere hervorriefe, so bliebe es unverständlich, warum das Stück Eisen warm werden könnte, ohne auch nur im geringsten das Gewicht zu verändern.

Wenn daher mit einer Qualität nicht auszukommen ist, so geht vielleicht doch obige Annahme einer so großen Anzahl von Qualitäten, als es Empfindungen und Wirkungsweisen gibt, zu weit. Lege ich das Stück Eisen auf meine Hand, so habe ich die Wahrnehmung der Schwere; lege ich es auf eine Federwage, so wird diese ein bestimmtes Gewicht anzeigen. Die Wahrnehmung der Schwere und die Wirkung auf die Federwage hängen nun auf das engste zusammen. Daher werde ich annehmen können, daß es dieselbe Qualität in der Außenwelt ist, die die Wahrnehmung der Schwere und die Wirkung auf die Federwage hervorbringt. In entsprechender Weise wird die Zahl der für einen homogenen Körper anzunehmenden Qualitäten doch herabgesetzt werden können, wenn auch vielleicht nicht mit einer einzigen Qualität auszukommen ist.

Wir bleiben also vorderhand bei unserer Annahme, daß das Eisenstück in der Außenwelt nichts anderes ist als eine Anzahl von Qualitäten, die denselben Raum erfüllen. Eine Reihe der anzunehmenden Qualitäten ist veränderlich, z. B. diejenige, die die Empfindung der Temperatur hervorbringt. Andere dagegen sind dem Anschein nach unveränderlich; hierher gehört die Masse des Körpers, d. h. die seine Beschleunigung durch die Kräfteinheit bestimmende Größe, und das Gewicht, bzw. die beiden zugrunde liegenden Qualitäten, die vielleicht identisch sein werden, wegen des Zusammenhanges von kinetischer Masse und Gewicht, genauer von kinetischer und gravitierender Masse. Auf Grund dieses Verhältnisses von konstanten und variablen Qualitäten können wir den Substanzbegriff auf die Körper der Außenwelt anwenden, freilich nicht im oben abgelehnten Sinne.

In der Entwicklung des wissenschaftlichen, im besonderen des philosophischen Denkens hat der Substanzbegriff mannigfaltige Wandlungen durchgemacht. Den verschiedenen ihm zugeschriebenen Merkmalen sind zahlreiche, wechselnde Nuan-

cierungen erteilt worden. Für unsere Zwecke mögen zwei Seiten am Substanzbegriff, zwei Gruppen von Merkmalen auseinandergehalten werden; dabei sollen die Wechselbeziehungen, die die beiden Gruppen verbinden, nicht in Abrede gestellt werden. Auf der einen Seite steht der Begriff der Substanz dem der Qualität gegenüber: die Substanz ist das Subjekt, der Träger, das Selbständige zu den Qualitäten; die Qualitäten sind das, was von dem Subjekte ausgesagt wird, von dem Träger gehalten wird, an oder in ihm hängt, haftet, das Unselbständige gegenüber der selbständigen Substanz. Auf der anderen Seite ist die Substanz das Beharrende, Bleibende, sofern es nicht Vorgang oder Beziehung ist (wie etwa die Naturgesetze). In dem letzteren Sinne können beharrende Qualitäten sehr wohl Substanzen heißen. Wir haben den Begriff der Substanz nur abgelehnt, sofern er nicht unter den Begriff der Qualität subsumierbar war, der uns recht eigentlich mit dem Begriffe des Seins, der Existenz überhaupt zusammenfiel. Ist der Träger der Qualitäten, das Subjekt zu denselben, nicht selbst Qualität, so kann ich mir nicht vorstellen, worin sein Sein überhaupt bestehen soll. Das Merkmal der selbständigen Existenz einer Substanz hat ebenfalls nur einen Sinn, wenn unter Existenz schlechthin etwas gedacht werden kann.

Unsere Ablehnung des Substanzbegriffes geht also nur so weit, als die Substanz den Qualitäten gegenübergestellt wird als etwas von ihnen Verschiedenes. Wird dagegen unter Substanz eine beharrende Qualität oder ein Komplex von beharrenden Qualitäten im Gegensatze zu den veränderlichen Qualitäten eines Körpers, auch zu den Vorgängen und Beziehungen verstanden, so hat der Begriff einen verständlichen Sinn und, wie es scheint, ein weites Anwendungsgebiet. Freilich wissen wir nicht, ob irgendwelche Qualitäten oder Qualitätenkomplexe absolut beharren, gänzlich unveränderlich sind. Vielleicht läßt sich etwas dafür und dagegen sagen; wir brauchen hier nicht darauf einzugehen. Aber wozu auch die Anforderungen so hoch schrauben! Wir können den Substanzbegriff unbedenklich anzuwenden versuchen, wo Unveränderlichkeit innerhalb der Grenzen besteht, in denen wir sie feststellen können. Vielleicht sind wir dann später einmal genötigt, den Substanzbegriff an dieser oder jener Stelle zurückzuziehen, wenn wir mit feineren Hilfsmitteln Veränderlich-

keit erkannt haben, wo heute kein Grund vorliegt, eine solche anzunehmen. Vielleicht entschließt man sich auch, trotz gewisser, etwa sehr kleiner Variationen die Bezeichnung Substanz beizubehalten. Das sind nur terminologische Fragen, für die der Gesichtspunkt der Zweckmäßigkeit maßgebend ist.

Wenden wir diese Überlegungen auf unser Beispiel eines Eisenstückes an. Da haben wir die unveränderliche Qualität, die der Masse zugrunde liegt, daneben vielleicht noch andere. Diese würden also die Substanz des Eisens ausmachen. Dazu kämen dann variable Qualitäten, von denen man mit einem nun halbwegs verständlichen Bilde sagen könnte, daß sie an der Substanz, den beharrenden Qualitäten hafteten, von ihr getragen würden, von ihr als von ihrem Subjekte ausgesagt werden könnten. Deutlicher wäre es immerhin, wenn man die räumliche Vereinigung der Substanz mit den anderen variablen Qualitäten direkt betonte.

Wir wollen einen Augenblick bei der Frage stehen bleiben, ob die Substanz aus einer oder aus mehreren Qualitäten bestehen müsse. Da die etwaigen zahlreichen Qualitäten, aus denen eine körperliche Substanz der Annahme nach bestehen müßte, alle als unveränderlich angenommen werden, so haben wir zu fragen, ob nicht eine einzige Qualität die Rolle jener zahlreichen übernehmen könne. Anstatt eine Wirkungsweise auf die konstante Qualität A und eine zweite auf die konstante Qualität B zurückzuführen, genügt nun vielleicht eine einzige Qualität A für beide, gegebenenfalls für zahlreiche Wirkungsweisen. Das Bedenken, welches wir bei den veränderlichen Qualitäten hatten, die Unabhängigkeit der Veränderung, kommt hier zum Fortfall.

In der Tat wird eine Reduktion von konstanten Qualitäten in vielen Fällen mit der Erfahrung verträglich sein, nicht aber in allen. Veranlaßt mich die Wirkungsweisen α zur Annahme einer konstanten Qualität A, die ich einem Körper K_1 zuschreibe (die also dessen Substanz mit ausmacht), die Wirkungsweise β desselben Körpers K_1 zur Annahme der Qualität B, so könnte ich daran denken, A und B seien ein und dieselbe Qualität, oder beide stellten wenigstens denselben konstanten Qualitätenkomplex dar, wenn bei allen Körpern die Wirkungsweisen α und β zusammen vorkämen, nie getrennt. Im letzteren Falle muß ich dagegen die Verschiedenheit von A und B anerkennen.

Aber selbst wenn α und β immer zusammen auftreten, habe ich zwar Veranlassung zu glauben, daß das beiden im Körper K zugrunde liegende identisch ist, nicht indessen, daß es eine einzige Qualität ist. Es kann sich genau so gut um einen Komplex von Qualitäten handeln. Darüber kann ebensowenig ausgemacht werden, wie über die Frage, welcher besonderen Art die zugrunde liegenden Qualitäten sind.

Kehren wir zu den veränderlichen Qualitäten zurück, so muß erwähnt werden, daß diese zum Teil als nur scheinbar variabel aufgefaßt worden sind. Als typisches Beispiel wurde oben jene Qualität angeführt, die der Temperaturempfindung in der Außenwelt zugrunde liegend anzunehmen wäre. Wir mußten diese Qualität als variabel betrachten, wenn wir sie als integrierenden Bestandteil des bald wärmeren, bald kälteren Eisenstückes auffaßten. Dieser Auffassung gegenüber hatte die Naturwissenschaft vor dem Aufkommen der mechanischen Wärmetheorie eine andere Auffassung ausgebildet: die von der substantiellen Natur der Wärme. Die Wärme eines Körpers ist nach dieser Hypothese nicht als eine veränderliche Qualität des Körpers aufzufassen, sondern als ein Körper, ein Fluidum, im Körper. Das warme Eisen besteht demnach aus zwei Substanzen, aus dem Eisen und aus einem gewissen Quantum substantieller Wärme. Diese Auffassung setzt natürlich voraus, daß jene Qualität, die der Temperaturwahrnehmung in der Außenwelt zugrunde liegend angenommen wird, substantiellen Charakter hat, d. h. unveränderlich beharrt, vor allen Dingen also nicht entstehen und verschwinden, sich vermehren oder vermindern kann. Solche Annahmen vermochte nun die Naturwissenschaft zur Zeit Blacks unter Zuhilfenahme einiger Hypothesen über latente Wärme, Verschiedenheit der spezifischen Wärmen in verschiedenen Aggregatzuständen usw. als durchführbar zu erweisen. Alle Änderungen von Temperaturen wurden also nicht als Änderungen der zugrunde liegenden Qualität aufgefaßt, sondern als ein Zuströmen und Abströmen der Wärmesubstanz, deren Gesamtquantum unveränderlich blieb.

Wir waren ausgegangen von dem Versuch, zu allen Qualitäten der Sinneswahrnehmung und allen Wirkungsweisen zugrunde liegende Qualitäten im Außenweltkörper anzunehmen. Auch die Wärme haben wir auf eine Qualität zurückgeführt, aber die

Wärmeänderungen nicht auf Änderungen der zugrunde liegenden Qualität, sondern auf Bewegungen dieser Qualität. Das könnte uns auf den Gedanken bringen, ob nicht alle Qualitäten vielleicht substantiell sind, wie die angenommene Wärme flüssigkeit. Vielleicht ließen sich alle Änderungen auf nicht qualitative Änderungen von substantiellen Qualitäten zurückführen, wie das für die Wärme anging.

Hier soll dieser Gedanke nicht erörtert werden. Wir hatten zunächst die verschiedenen Sinnesempfindungen und Wirkungsweisen eines Körpers zurückgeführt auf verschiedene Qualitäten, die den Körper bilden; Veränderungen hatten wir als das Resultat der Veränderung von Qualitäten betrachtet. In der Blackschen Wärmesubstanzhypothese wurden dagegen die Veränderungen von Empfindungen und anderer Wirkungsweisen auf nicht qualitative, sondern auf Ortsveränderungen zurückgeführt. Gehen wir noch einen Schritt weiter, so kommen wir dazu, nicht nur die Veränderungen, sondern die Empfindungen und Wirkungsweisen selbst nicht auf die Qualitäten selbst, sondern auf Vorgänge etwa zurückzuführen, die sich natürlich an Qualitäten abspielen müssen. Dabei kämen dann in erster Linie Bewegungsvorgänge in Betracht. Wir wären so wieder bei den kinetischen Hypothesen angelangt. Wir sahen schon, wie wir die Sinnesqualitäten der akustischen Wahrnehmung zurückführen mußten auf Bewegungsvorgänge am schallerregenden Körper. Ehe wir aber die Reduktion auf Bewegungen in ihrer ganzen Ausdehnung besprechen, müssen wir eine Hypothese betrachten, welche die mechanischen Vorstellungen erst fruchtbar macht, die Hypothese von der diskontinuierlichen Struktur der Körper, die Molekularhypothese im weitesten Sinne des Wortes.

Erst auf Grund der Molekularhypothese wird es möglich, zu den verschiedenen Sinnesempfindungen und Wirkungsweisen der Körper passende Bewegungsvorgänge zu ersinnen, die zugrunde liegen könnten. Wollte man Bewegungen der sichtbar großen Körper oder Körperteile zugrunde legen, so müßte man bald auf unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen. Man würde den mannigfaltigen Erscheinungen nicht gerecht werden können.

Zum Schlusse mag ausdrücklich betont werden, daß der letzte Teil dieses Abschnittes nur Möglichkeiten zeigen sollte,

nicht aber schon Hypothesen geben will. Wir hielten nur fest, daß eine Außenwelt existiert, und daß ihre Existenz im Qualität-Sein besteht, Qualität in dem Sinne, in dem wir die gegebenen Bewußtseinsinhalte Qualitäten zu nennen pflegen; ferner, daß den Ortsunterschieden in unseren Sinnesräumen Unterschiede in der Außenwelt entsprechen, die wir in einem weiteren Sinne als räumlich bezeichnen dürfen; schließlich, daß die Außenwelt sich uns darstellen muß als eine Körperwelt, auf die wir den Substanzbegriff in der angedeuteten engeren Fassung anzuwenden wohl berechtigt sein dürften. Dagegen mußten wir diesen Begriff ablehnen, wenn er etwas darstellen sollte, was selbst nicht Qualität wäre.

VII. Motive zur Bildung mechanischer Hypothesen: die mechanische Theorie des Schalles.

Wir haben bisher nur die abstrakte Möglichkeit mechanischer Hypothesen demonstriert. Wir haben gesehen, daß unsere verschiedenartigen Empfindungen, sowie die Wirkungen der Körper aufeinander vielleicht zum Teil zurückgeführt werden können auf mechanische Vorgänge, die sich an den Körpern abspielen. Wir erkannten, daß die Annahme solcher Vorgänge als Antezedenzien zu Empfindungen und physischen Wirkungen mit der Regelmäßigkeitsvoraussetzung vereinbar ist.

Daneben sind, wie wir ausführten, andere Annahmen möglich, vor allem die, welche unsere Sinnesempfindungen und ebenso andere Wirkungen zurückführt auf Qualitäten, die jene hervorgerufen. Auch diese Annahmen sind geeignet, die allgemeine Regelmäßigkeitsvoraussetzung zu befriedigen.

Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die letztere Annahme zunächst näher liegt als mechanische Hypothesen. Sie entfernt sich weniger weit von der naiven Auffassung, von der wir in der individuellen Entwicklung ausgehen und von welcher die Wissenschaft ausgegangen ist. Wenn es unmöglich erscheint, daß die Rose in der Außenwelt immer so rot ist, wie die Rotempfindung in der Wahrnehmung der Rose, weil diese Rotempfindung mit der Beleuchtung usw. sich ändert, so bleibt es immer noch möglich, daß auch in der Außenwelt die Rose rot ist, wenn auch nicht so rot, wie irgendeine der Rotempfindungen in der Wahrnehmung der Rose. Den verschiedenen Nuancen der Rotempfindung läge in der Außenwelt ein Rot, also eine Qualität in unserem Sinne, zugrunde.

In die so skizzierte Auffassung geht die naive Anschauung unmerklich und vielfach über. Auch die beschreibenden Naturwissenschaften, Zoologie, Botanik, Mineralogie usw. pflegen sich

auf diesen Standpunkt zu stellen — natürlich mit dem Bewußtsein seiner Unzulänglichkeit.

Aber auch wenn man auf Grund der Erkenntnis von der synthetischen Natur des Kausalzusammenhanges die Annahme ablehnen zu müssen glaubt, daß den Nuancen der Rotempfindung eine Rotqualität in der Außenwelt zugrunde liege, wird man geneigt sein, das zugrunde liegende in einer Qualität zu suchen, nicht aber in einem Bewegungsvorgange, der sich an Qualitäten abspielt.

Es müssen daher Motive auffindbar sein, die jenen näher liegenden Auffassungen gegenüber zur Bildung mechanischer Hypothesen treiben. Wir finden solche Motive leicht in einfachen Erfahrungen. Diese Erfahrungen müssen aber, um in der in Frage kommenden Weise wirken zu können, zweierlei Art sein. Erstens muß sich zeigen, daß es Bewegungen gibt, die als solche nicht wahrgenommen werden, vielleicht gar nicht wahrgenommen werden können. Zweitens muß die Erfahrung lehren, daß Bewegungsvorgänge Empfindungsqualitäten unter Umständen hervorrufen können, Wahrnehmungen also, die ganz verschieden sind von der Wahrnehmung von Bewegungen.

Wenn die Außenwelt, wie wir angenommen haben, eine vom Wahrgenommenwerden unabhängige Existenz hat und wenn es in der Außenwelt überhaupt Bewegungsvorgänge gibt, was wir ebenfalls, allerdings in einem übertragenen Sinne, anerkennen zu müssen glaubten, so hat die Annahme nicht wahrgenommener Bewegungen keine prinzipiellen Schwierigkeiten. Besonders wichtig ist für uns die Frage, ob es Bewegungen gibt, die als solche nicht wahrgenommen werden, weil sie zu schnell sind oder zu klein. Haben wir solche Bewegungen anzuerkennen, und ergibt sich ferner, daß Bewegungen Wahrnehmungsqualitäten hervorbringen können, die nichts von Ortsveränderung in sich tragen, so erhält der Gedanke, alle Sinnesqualitäten auf solche nicht wahrgenommenen Bewegungen zurückzuführen, eine greifbare Gestalt.

Erfahrungen, aus denen wir induktiv oder durch Analogie die Existenz nicht wahrnehmbarer Bewegungen von zu großer Schnelligkeit oder zu kleiner Bahn erschließen, sind leicht zu finden. Wir wollen unserer Betrachtung von vorneherein

Schwingungsbewegungen zugrunde legen, weil diese von größter Bedeutung sind. Stellen wir uns eine ältere Form einer sogenannten Sirene, wie sie zu Savarts Zeiten bei akustischen Versuchen Verwendung fand, einmal vor. Sie besteht aus einem Kartonblatt und einem Zahnrade, die so angebracht sind, daß die Zähne des Rades den Rand des Kartons bei der Drehung streifen und eine kurze Strecke mitnehmen. Jeder Zahn trifft den Rand des Papiers, nimmt ihn eine kurze Strecke weit mit und läßt ihn dann fahren. Das Papier bewegt sich darauf infolge seiner Elastizität zurück. Es wird vom folgenden Zahn gefaßt und das Spiel beginnt von neuem. Unser Kartonblatt macht also bei der Rotation des Zahnrades Schwingungen, und zwar von verschiedener Geschwindigkeit, je nach der Zähnezahl und Rotationsgeschwindigkeit des Zahnrades. Das ist zunächst für uns der Zweck des Apparates.

Erfolgen die Schwingungen langsam, so können wir den Bewegungsvorgang mit dem Auge und mit der Hand verfolgen; wir sind imstande, die Bewegung als Bewegung wahrzunehmen. Drehen wir das Zahnrad aber schneller und schneller, so kommen wir bald zu einer Geschwindigkeit, bei der wir keine Bewegung des Kartons mehr wahrnehmen. Anstatt des bewegten Kartonblattes sehen wir ein durchscheinendes Gebilde, welches an der Befestigungsstelle in das Kartonblatt übergeht, an der von den Zähnen getroffenen Kante aber eine die des Kartons bedeutend übertreffende Dicke hat. An Stelle des Blattes sehen wir sozusagen einen Keil. In der einen Richtung, senkrecht zum Blatte, erscheint der Keil undurchsichtig, in der einen der dazu senkrechten, parallel zur Achse des Zahnrades, aber ist der Keil durchsichtig, und zwar am durchsichtigsten an der Mitte der Basis, weniger an den großen Begrenzungsflächen.

Die Gesichtswahrnehmung ist demnach eine total andere geworden. Von einem Sehen der Bewegung ist nicht mehr die Rede; an Stelle des bewegten Blattes sehen wir einen ruhenden Keil. Nicht minder hat sich die Tastwahrnehmung geändert. Während wir bei geringerer Umdrehungsgeschwindigkeit die einzelnen Bewegungen oder die einzelnen Stöße fühlen konnten, haben wir nun die Empfindung eines eigentümlichen, aber konstanten Druckes, wenn wir den Finger in passende Lage bringen.

Unsere Wahrnehmung dessen, was sich dabei in der Außenwelt abspielt, hat sich auf das wesentlichste geändert. Und doch sind alle, die eine Außenwelt mit uns anerkennen, darüber einig, daß sich der zugrunde liegende Außenweltsprozeß nur sehr wenig geändert habe, daß die Bewegung, obwohl wir sie als solche nicht mehr wahrnehmen, andauert und allein ihre Geschwindigkeit größer geworden ist.

Diese Überzeugung bildet sich das naive Denken gegenüber dem Zeugnis der Sinne. Die wissenschaftlichen Bestrebungen der ältesten griechischen Denker führen zu einer Formulierung derselben: die Sinne seien schlechte Zeugen. Was sie unserem Erkennen bieten, ist nur ein Schein, hinter dem das Seiende, wie es an sich ist, zu suchen bleibt, eine Aufgabe, die dem Denken im engeren Sinne, dem Verstande zugewiesen wird. Die naturwissenschaftliche Forschung hat nichts getan, als diese Überzeugung genauer gefaßt und weiter ausgedehnt.

Wären die Empfindungen und ihre Komplexe allein Gegenstand der Naturwissenschaft, nicht aber eine Außenwelt, so hätte die obige so fest eingewurzelte Auffassung keinen Sinn. Sie wäre günstigstenfalls als Fiktion anzuerkennen, nicht aber als eine Erkenntnis von Wirklichem. Der schwingende Papierkarton hätte sich in jenen ruhenden keilförmigen Körper verwandelt. Denn für meine Empfindung hat sich diese Umwandlung vollzogen; auch habe ich Grund anzunehmen, daß das gleiche für alle Menschen und Tiere geschehen ist. Gibt es keine Außenwelt, keine körperlichen Dinge hinter den Empfindungen, sind vielmehr die Empfindungskomplexe selbst die Körper, so findet die Bewegung des Kartonblattes in der Tat nicht mehr statt, wenn sie nicht mehr für unsere Empfindung existiert. Die Fortdauer der schwingenden Bewegung zu leugnen, wäre nichts als die Konsequenz des Machschen Empfindungsmonismus, aller rein konszientionalistischen Richtungen. Ostwald müßte konsequenterweise sagen, bei langsamer Rotation des Zahnrades verwandele sich ein Teil seiner Bewegungsenergie in Bewegungsenergie des Kartons, bei schnellerer Drehung dagegen nicht mehr; dafür trete dann aber Volumenergie auf, die wir bei geeigneter Stellung unserer Finger als Druck empfänden — genau wie die Volumenergie eines festen Körpers.

Wenn die phänomenalistisch und energetisch gesinnten Physiker demgegenüber an der schon dem naiven Menschen geläufigen Deutung festhalten, eine Fortdauer der Schwingungsbewegung behaupten, auch wenn die Schwingungen zu schnell erfolgen, um sichtbar zu sein, so zeigt das eben, daß starke Motive auf der Seite dieser Überzeugung stehen.

Zu diesen Motiven sind alle jene Erfahrungen zu zählen, die wir im weitesten Sinne als Sinnestäuschungen zu bezeichnen pflegen. Im vorliegenden Falle kommen besonders die Nachwirkungen der Reize in Betracht. Ich betrachte einen kontinuierlichen elektrischen Funkenstrom; diesen Funkenstrom kann ich durch einen Ausschalter im Momente unterbrechen. Meine Lichtempfindung dauert noch einen Augenblick fort. Erfahrungen, z. B. akustische, zwingen mich anzunehmen, daß das Funkenspiel im Momente der Unterbrechung aufhört. Ich muß also annehmen, daß das Wahrnehmungsbild des Funkens noch kurze Zeit andauert, wenn das dem Funken in der Außenwelt Entsprechende aufgehört hat zu existieren.

Auf Grund dieser Erfahrungstatsache der Nachwirkungen ergibt sich von selbst, daß Reize, die hinreichend schnell aufeinander folgen, nicht unterscheidbare Empfindungen hervorrufen können, daß sie vielmehr ein Verschmelzungsprodukt in der Wahrnehmung liefern müssen. Genauere Erfahrungen zeigen, daß solche Verschmelzungen ebenso für den Tastsinn, wie für den Gesichtssinn in Betracht kommen.

Wir wollen uns nun einmal das Zahnrad wieder in Drehung gesetzt denken. Wir beginnen mit einer geringen Geschwindigkeit und sehen die Schwingungen des Kartons. Wir beschleunigen die Rotation und sehen, wie die Schwingungen schneller werden. Wir blicken während der Beschleunigung der Bewegung für einen Augenblick nicht nach dem Karton hin und sehen nachher, daß immer noch die Bewegung fort dauert. Jetzt wollen wir einmal längere Zeit nicht nach unserem Karton sehen, dabei aber die Beschleunigung fortschreiten lassen. Hätten wir die Erfahrung noch nicht gemacht, daß bei genügender Geschwindigkeit die Bewegung des Kartons unsichtbar wird, kennten wir ebensowenig die Tatsache der Nachwirkungen von Reizen, so würden wir nach induktiven Prinzipien schließen müssen, daß inzwischen

auch die Bewegung des Kartons schneller geworden ist und daß wir diese schnellere Bewegung beim Hinsehen als solche wahrnehmen würden. Blickten wir nun tatsächlich hin, so würden wir gewahr, daß der zweite Teil unseres Schlusses uns irregeführt hätte. Wir sähen nicht das Kartonblatt in schnellerer Bewegung, sondern jenen Keil. Wüßten wir nun nichts von Nachwirkungen, so könnten wir vielleicht auch am ersten Teil unseres Schlusses irre werden. Scheinbar ständen sich zwei induktive Schlüsse gegenüber. Auf der einen Seite schlossen wir induktiv auf die Fortdauer der nur beschleunigten Schwingungsbewegungen in der Außenwelt. Auf der anderen Seite würden wir aus der Wahrnehmung jenes ruhenden Keiles auf einen diesem in der Außenwelt zugrunde liegenden ruhenden Körper zu schließen geneigt sein.

Unsere Erfahrungen über Sinnestäuschungen, im besonderen über die Nachwirkung von Reizen, sind geeignet, die Entscheidung zu bringen, wenn beide Schlüsse sich die Wage halten sollten. Der erste, der die Fortdauer der Bewegung in der Außenwelt fordert, bleibt intakt; dagegen wird der zweite hinfällig. Wir können nicht aus der Wahrnehmung des ruhenden Keiles auf einen entsprechend ruhenden Körper in der Außenwelt schließen. Vielmehr versteht sich von selbst, daß die in der Außenwelt erfolgenden Schwingungsbewegungen als solche nicht mehr wahrgenommen werden können, wenn die Geschwindigkeit einen gewissen Grad überschritten hat, daß sich vielmehr in der Wahrnehmung ein Verschmelzungsprodukt von der Art jenes Keiles bilden muß.

Der Schluß auf die Fortdauer der lediglich beschleunigten Bewegung des Kartonblattes bleibt also trotz der Wahrnehmung bestehen. Wir haben demnach anzuerkennen, daß es Bewegungen gibt, die als solche nicht mehr wahrgenommen werden, weil sie zu schnell erfolgen.

Die gewonnene Überzeugung kann noch in mannigfacher Weise gestützt werden. Wir können z. B. zeigen, daß der scheinbare Keil auf leichte Korkstückchen, die auf ihn geworfen werden, eine Abstoßung ausübt, wie ein sichtbar vibrierender Karton, nur heftiger, entsprechend der vorauszusetzenden größeren Geschwindigkeit. Wir können ferner durch geeignete Kopfbewegungen

die Schwingungsbewegungen wieder sichtbar machen, wenn sie schon für die gewöhnliche Wahrnehmung verschmelzen zu dem keilförmigen Gebilde. Dasselbe können wir mit der bei physikalischen Demonstrationen vielbenutzten stroboskopischen Scheibe — einer mit Kreisen von Löchern versehenen rotierenden Scheibe — oder mit der Beleuchtung durch einen intermittierenden Funken eines elektrischen Induktoriums erreichen.

Wenn dem Keile also in der Außenwelt überhaupt etwas entspricht, so wird es ein bewegter Körper sein, nicht aber ein ruhender.

Wir haben vornehmlich die Gesichtswahrnehmung des schnell schwingenden Kartons in Betracht gezogen. Für die Tastwahrnehmung gelten wesentlich gleichartige Überlegungen. Auch dort verschmilzt die Wahrnehmung der einzelnen Schwingungsbewegungen oder der Stöße zu der Wahrnehmung eines kontinuierlichen Druckes. Empfinden wir diesen Druck als konstant und führen wir ihn auf die unwahrnehmbar schnellen Stöße zurück, so bilden wir eine Hypothese, die im Prinzip mit der kinetischen Gastheorie auf durchaus gleicher Stufe steht. In beiden Fällen wird ein konstanter Druck zurückgeführt auf eine schnelle Folge einzelner Stöße. Natürlich kann man die kinetische Gastheorie weniger wahrscheinlich finden, vielleicht sehr viel unwahrscheinlicher. Aber prinzipielle Bedenken müßten beide Annahmen in gleicher Weise treffen. Mit prinzipiellen Bedenken haben wir es hier allein zu tun; spezielle Einwände sind Gegenstände physikalischer Untersuchung.

Wir wollten diese Bemerkung nur im Vorübergehen machen. Vorderhand ist es uns wichtiger, Bewegungen gefunden zu haben, die zu schnell sind, um wahrgenommen zu werden, d. h. um als Bewegungen wahrgenommen zu werden. Wir wollten ferner zeigen, daß es Bewegungen gibt, die zu klein sind, um wahrgenommen zu werden.

Wir wählen wieder eine Schwingungsbewegung, etwa die eines Pendels. Infolge der unvermeidlichen Reibung wird die Schwingung kleiner und kleiner, schließlich sehen wir sie überhaupt nicht mehr. Aber wir sind unter Umständen überzeugt, daß die Schwingung noch fort dauert, während für unsere Wahrnehmung das Pendel schon ruht.

Wir hätten wieder zu untersuchen, wie wir zu dieser Überzeugung kommen, die zu unserer Wahrnehmung im Gegensatze steht. Wir finden, daß die Gründe wesentlich denen entsprechend sind, die wir oben, bei der unwahrnehmbar schnellen Bewegung kennen lernten. Wir finden induktiv — wenn auch deduktive Ableitungen bei dem Beweise des Satzes eine große Rolle spielen —, daß die Abnahme der Geschwindigkeit nach einem bestimmten Gesetze erfolgt, und wir sind überzeugt, daß dies Gesetz noch weiter gilt, wenn bereits keine Bewegung mehr sichtbar ist, daß also die von dem Gesetze geforderten kleinen Bewegungen existieren, obwohl wir sie nicht wahrnehmen. Die Sinne gelten uns wieder als ungenügende, ja trügende Zeugen der Vorgänge in der Außenwelt. Wir ziehen vielleicht jene Erfahrungen heran, die die Existenz einer Raumschwelle sichern, die zeigen, daß ein Raumunterschied eine gewisse Größe überschreiten muß, um wahrnehmbar zu werden, daß also auch die Amplitude der Schwingung diese Größe erreichen bzw. überschreiten muß, wenn eine Pendelbewegung wahrgenommen werden soll.

Wie wir die für die gewöhnliche Wahrnehmung zu schnellen Schwingungen durch geeignete Kopfbewegungen, durch die Anwendung der stroboskopischen Scheibe usw. noch unter Umständen sichtbar machen konnten, so können wir in manchen Fällen auch die zu kleinen Bewegungen sichtbar machen durch Anwendung des Mikroskopes und durch allerhand andere Wirkungen kleiner Bewegungen. Durch solche Erfahrungen wird die Existenz unwahrnehmbar kleiner Bewegungen dargetan.

Wir haben schon gesehen, wie durch hinreichend schnelle Bewegungen Wahrnehmungen zustande gebracht werden können, die nichts von Bewegung in sich tragen, wie z. B. die Wahrnehmungen des oben geschilderten Keiles und des konstanten Druckes infolge der schnellen Vibrationen des Kartons. Damit ist uns schon die Möglichkeit gewisser mechanischer Hypothesen, wie der kinetischen Gastheorie, näher gebracht. Indessen setzten die typischen mechanischen Hypothesen, wie z. B. die mechanische Wärmetheorie, mehr voraus. Sie nehmen an, daß durch die Bewegungsvorgänge Empfindungsqualitäten in uns hervorgerufen werden können, die mit den Qualitäten gar nichts zu tun haben,

welche das Bewegte hervorrufen würde, wenn es nicht in Bewegung wäre. Druckempfindungen kann auch das ruhende Kartonblatt erzeugen, ebenso Farbenempfindungen, wenn auch diese Empfindungen anders sind als die durch das hinreichend schnell vibrierende Blatt hervorgerufenen.

Wir müssen nun also die schon oben als für die mechanischen Hypothesen in ihrer Gesamtheit entscheidend aufgestellte Frage untersuchen: Gibt es Bewegungen, die solche ganz andersartigen Sinnesqualitäten hervorrufen, welche weder etwas mit den Sinnesqualitäten des bewegten Körpers, noch mit der Bewegung ihrem Inhalte nach irgendetwas zu tun haben?

Diese Frage ist in bejahendem Sinne zu beantworten. Wir vernehmen bei hinreichend schneller Bewegung der Zahnsirene einen Ton. Das ruhende Kartonblatt tönt nicht, das in geeignete Schwingung versetzte dagegen wohl. Bei der Schwingungsbewegung tritt also eine ganz neue Sinnesqualität auf, in der die psychologische Analyse nichts von Bewegung finden kann, und die auch nichts mit den Empfindungen zu tun hat, die das ruhende Kartonblatt auslöst. Überall, wo wir akustische Wahrnehmungen haben, lassen sich entsprechende Schwingungsbewegungen nachweisen. Als unbedingt regelmäßiges Antezedens eines Tones finden wir also eine Schwingungsbewegung. Durch diese Erfahrungstatsache ist die zweite prinzipielle Frage zugunsten der mechanischen Hypothesenbildung entschieden. Einer Sinnesqualität liegt ein Bewegungsvorgang zugrunde.

Wir brauchen demnach nicht anzunehmen, daß dem tönenden Körper in der Außenwelt eine besondere Qualität zukomme, solange er tönt, eine Qualität, die dem nicht tönenden Körper fehlt. Wir finden ein Antezedens, das die Regelmäßigkeitsvoraussetzung befriedigt, in dem Bewegungszustande des tönenden Körpers. Damit kann sich die Naturwissenschaft begnügen.

Damit ist natürlich nicht darüber entschieden, ob in der Außenwelt dem tönenden Körper während der Schwingung eine besondere Qualität überdies zukommt oder nicht. Andere Gründe könnten möglicherweise zu finden sein, die das wahrscheinlich machten, die vielleicht darauf hindeuteten, daß der schwingende Körper auch in der Außenwelt tönt, der Lichtstrahl auch in der Außenwelt leuchtet. Ansichten, wie sie Fechner entwickelt

und als Tagesansicht der Nachtansicht der gewöhnlichen naturwissenschaftlichen und philosophischen Auffassung der Außenwelt gegenübergestellt hat, mögen zu Recht bestehen. Um diese Frage zu untersuchen, müßten ganz andere Erfahrungen herangezogen werden, psychophysische Erfahrungen, von denen der Physiker, sei es gewohnheitsmäßig, sei es mit vollem Bewußtsein, absieht. Weil aber der Physiker diese Abstraktion vollzieht, ein weites Erfahrungsgebiet außer Betracht läßt für seine Schlüsse, darf er auch nicht die Vollständigkeit seiner Resultate behaupten. Mit vollem Rechte sagt er, daß den Schallwahrnehmungen Schwingungsbewegungen in der Außenwelt entsprechen, aber er würde sich ins Unrecht setzen, wenn er positiv behauptete, daß nur Schwingungsbewegungen, nicht vielleicht noch mehr, diesen unseren Empfindungen außerhalb des Bewußtseins entsprächen. Die Erfahrungen, die er berücksichtigt, nötigen auf Grund der Regelmäßigkeitsvoraussetzung immer die einem Ton entsprechenden Schwingungsbewegungen vorauszusetzen, und sie nötigen zu nichts weiter; die nicht berücksichtigten Erfahrungen mögen weitere Annahmen nötig machen. Es ist zweifellos, daß die Tendenz vorliegt, solche Überlegungen außer acht zu lassen, in den Bewegungsvorgängen und den Existenzen — Qualitäten nach unserer Annahme —, an denen sie sich abspielen, das Einzige zu sehen, was in der Außenwelt, d. h. außerhalb von Menschen- und Tierbewußtsein, sich findet. Darauf beruht die Abneigung gegen panpsychistische Hypothesen, die in der Naturwissenschaft herrscht.

Ob derartige weitergehende Annahmen erforderlich sind, soll an dieser Stelle nicht weiter untersucht werden; es genügt, wenn gezeigt wurde, daß sie den mechanistischen Annahmen nicht widersprechen. Hier soll in erster Linie die Berechtigung mechanischer Hypothesen dargetan werden; die Gefahr, diese falsch, etwa zu engherzig zu deuten, soll nicht geleugnet werden.

Wir wollen uns nun einmal auf einen Standpunkt zurückversetzt denken, auf dem die Mittel fehlen, die schnellen Vibrationen sichtbar zu machen, die hohen Tönen zugrunde liegen. Denken wir uns also, die Wahrnehmung zeigte uns, daß tiefen Tönen Schwingungsbewegungen entsprechen, daß diese Schwingungsbewegungen schneller werden müssen, wenn der Ton höher

werden soll; dagegen mögen bei den ungenügenden experimentellen Mitteln keine den hohen Tönen entsprechenden Schwingungen nachweisbar sein. Nun würde der Naturwissenschaftler einen Analogieschluß vollziehen und auch den höheren Tönen entsprechende Schwingungen von größerer Schwingungszahl annehmen. Dann hätten wir eine mechanische Hypothese der hohen Töne. Sie wäre im Prinzip nicht anders gewonnen, wie Huyghens Undulationstheorie des Lichtes.

Wir sind alle auf Grund der exaktesten Erfahrungen sicher, daß unser Naturwissenschaftler mit seiner mechanischen Hypothese hoher Töne die Wahrheit getroffen hätte. Und doch hätte ihm ein radikaler Feind aller Hypothesenbildung sein Verfahren verbieten müssen. Ob unsere Vertreter einer hypothesenfreien Naturforschung nicht in manchen Punkten sich in ähnlicher Lage befinden, wie jener fingierte Hypothesengegner?

Ein Energetiker Ostwaldscher Richtung müßte eine besondere akustische Energieform, eine Energie hoher Töne neben der Energie der Schwingungen annehmen, die einem tieftönenden Körper zukommt. Dieselben Einwände, die gegen die mechanische Natur der Wärmeenergie ins Feld geführt werden, müßten im Prinzip auch die Hypothese der mechanischen Natur der Energie hoher Töne treffen; wollen wir ihre Berechtigung bei der letzteren nicht anerkennen, so müssen wir das Prinzip jener Bedenken überhaupt ablehnen, mögen auch andere Schwierigkeiten vielleicht bei der mechanischen Wärmetheorie hinzukommen.

Hypothesengegner wie Comte würden natürlich sich verteidigen und erwidern, die mechanische Hypothese hoher Töne sei ihrer Natur nach verifizierbar, besser eines Beweises fähig, was von anderen mechanischen Hypothesen nicht gelte. Wir haben schon im Kapitel über Hypothesenbildung demgegenüber die Unzulänglichkeit dieses Gesichtspunktes betont. Wer könnte unserem Physiker sagen, daß die mechanische Hypothese hoher Töne ihrer Natur nach eines Beweises fähig sei, wenn er absolut keine Mittel und Wege sieht, diesen Beweis zu liefern, die angenommenen Bewegungen etwa direkt wahrnehmbar zu machen. Und wer will uns heute sagen, daß irgendeine mechanische Hypothese ihrer Natur nach unbeweisbar sei, ewig Hypothese bleiben müsse, mag auch nicht die bloße Möglichkeit eines Weges

vorderhand erkennbar sein, der zu einem Beweise führen könnte? Wir befinden uns anderen mechanischen Hypothesen in wesentlich gleicher Situation, wie unser fingierter Physiker seiner mechanischen Hypothese hoher Töne gegenüber.

Vielleicht will jemand einen entscheidenden Unterschied darinnen finden, daß die hohen Töne durch kontinuierlichen Übergang mit den tiefen verbunden sind, daß daher die mechanische Hypothese für die hohen Töne sich von selbst versteht, wenn für die tiefen Töne die zugrunde liegenden Schwingungen erwiesen werden können. Bei den anderen mechanischen Hypothesen sei ein solcher kontinuierlicher Übergang zu Fällen, in denen die Hypothese zur bewiesenen Wahrheit werde, nicht vorhanden.

Der Unterschied ist natürlich anzuerkennen und nicht unwesentlich, da er selbstverständlich sehr zugunsten der mechanischen Hypothese hoher Töne spricht. Dieser kommt daher eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit zu. Aber prinzipiell ist der Unterschied nicht. Bei der mechanischen Hypothese hoher Töne, von der unser fingierter Physiker sprechen müßte, wird genau wie bei der mechanischen Wärmehypothese die Annahme nicht wahrnehmbarer Bewegungen gemacht, die einer Sinnesqualität zugrunde liegen; einer Sinnesqualität, die mit den Sinnesempfindungen nichts zu tun hat, welche der unbewegte Gegenstand der Schwingungen hervorrufen würde. Jener kontinuierliche Übergang kommt dann im einen Falle hinzu und erhöht die Wahrscheinlichkeit der Hypothese.

Wir haben es aber in unserer Macht, unsere Fiktion so zu gestalten, daß der ganze Unterschied fortfällt. Wir brauchen nur einmal den Fall zu setzen, Töne mittlerer Höhe gäbe es nicht oder sie wären nicht wahrnehmbar, etwa weil das betreffende Stück des Cortischen Organes beim Menschen fehlte oder nicht ausgebildet wäre. Dann wäre jener Übergang nicht vorhanden. Und doch könnte unser fingierter Physiker, gestützt auf die Analogie der Erscheinungen, wie Reflexion, Brechung, vor allem Interferenz usw. seine mechanische Hypothese hoher Töne ausbilden, wie Huyghens und seine Nachfolger die Undulationshypothese des Lichtes ausbildeten. Seine Erkenntnis würde deshalb nicht weniger erfreulich und die Ablehnung seiner Hypothese nicht weniger bedauerlich sein.

Wir haben bisher von der mechanischen Hypothese der hohen Töne gesprochen, als ob es sich um etwas handele, was wir nur zum Zwecke unserer Betrachtungen als Hypothese behandelt hätten (indem wir ungünstige Umstände, mangelhafte experimentelle Hilfsmittel annahmen), was dagegen beim gegenwärtigen Stande der Forschung nicht Hypothese, sondern bewiesene Wahrheit sei. Genau genommen liegen die Dinge nicht ganz so günstig; genau genommen ist unsere mechanische Auffassung aller Töne, auch der höchsten, in der Tat eine Hypothese. Die Akustiker haben es nie als notwendig empfunden, die Schwingungen wahrnehmbar zu machen, die den höchsten Tönen entsprechen, 30000 bis 60000 Schwingungen pro Sekunde; auch würde die Sache nicht ganz einfach sein. Sie haben das Zugrundeliegen und die Dauer dieser Schwingungsbewegungen nur aus Wirkungen hypothetisch erschlossen.

Wir haben also in der Tat eine mechanische Hypothese der höchsten Töne, streng genommen aller der Schallnuancen, für die das Zugrundeliegen von Schwingungsbewegungen noch nicht bewiesen wurde. Und das ist bei der überwiegenden Mehrzahl der Schallnuancen nicht geschehen, weil die Wahrscheinlichkeit so groß war, daß der Nachweis als überflüssig erscheinen mußte.

Der strenge Hypothesengegner darf es also nicht zugeben, daß allen, auch den höchsten Tönen Schwingungsbewegungen in der Außenwelt entsprechen. Wer in allen Hypothesen nur Bilder, Fiktionen sehen will, was eine Reihe von Physikern jetzt zu wollen vorgibt, der muß auch in den Schwingungen, die den höchsten Tönen entsprechen, lediglich Fiktionen, Bilder sehen, die der Wirklichkeit nicht zu entsprechen brauchen. Wer aber, wie Ostwald auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck, die Maxime aufstellt: „Du sollst Dir kein Bildnis oder ein Gleichnis machen“, der darf vorderhand nicht sagen, daß den Tönen Schwingungsbewegungen entsprechen. Er muß die Vorstellung von Schwingungen für die höchsten Töne konsequenterweise ablehnen und eine neue akustische Energieform für diese erfinden, wenn er Energetiker ist.

Wenn diese Physiker nicht geneigt sind, solche Konsequenzen zu ziehen, wenn sie vielmehr wie ihre hypothesenfreundlicheren Fachgenossen alle Schallarten auf Bewegungen zurückführen,

so zeigt das, daß es Hypothesen von so schlagender Wahrscheinlichkeit gibt, daß sich niemand ihnen entziehen kann. Die Angriffe auf die Hypothesen sind daher meist nicht so prinzipiell zu nehmen, wie sie dem Wortlaut nach genommen werden müßten; der Kritiker hat meist spezielle Hypothesen im Sinn, gegen die sich seine Bedenken richten, die er nur als Fiktionen, Bilder betrachtet wissen oder ganz beseitigt sehen will. Indessen steckt in solchen Angriffen die Gefahr voreiliger Verallgemeinerung, und diese zu zeigen ist der Zweck dieser Zeilen. Wir sehen, daß wir nicht alle mechanischen Hypothesen für Fiktionen erklären oder abschaffen können, ohne uns dazu zu versteigen, für sehr hohe Töne die Schwingungstheorie des Schalles abzulehnen. Will man diese festhalten, so kann man keine prinzipiellen Bedenken gegen die mechanischen Hypothesen in der Physik haben, mag man dieser und jener mechanischen Hypothese noch so skeptisch gegenüberstehen.

Wenn es notwendig sein sollte, so könnten wir für unsere Betrachtungen weiteres Erfahrungsmaterial heranziehen, um zu zeigen, daß es mechanische Hypothesen gibt, die durch ihre hohe Wahrscheinlichkeit sich die Anerkennung der Hypothesenfeinde erworben haben. Wir könnten auf die Fortpflanzung der Schallwellen durch die Luft eingehen, zeigen, wie die Annahme der longitudinalen Luftwellen beim Schalle eine mechanische Hypothese war, die mehr und mehr verifiziert wurde, die uns jetzt zur Gewißheit geworden ist, indem die Verdichtungen und Verdünnungen der Luft durch Töplers Schlierenapparat z. B. geradezu sichtbar werden.

Und doch war die Annahme dieser Fortpflanzungsart einst ebenso gut hypothetisch wie die Undulationstheorie des Lichtes. Wie die Annahme des Äthers, mag sie in dieser oder jener Form berechtigt sein oder nicht, war auch einst die Annahme der Luft hypothetisch. Dem tiefstehenden Menschen, dem Kinde, ist der luftgefüllte Raum ein leerer Raum, wie jetzt der nach physikalischen Annahmen mit Äther gefüllte Raum leer heißt. Als man den Unterschied des Raumes im Rezipienten der Luftpumpe und des Raumes draußen kennen lernte oder Erfahrungen über Unterschiede der Luftdichte oder Luftbewegung machte, hatte man Grund, die Luft vom leeren Raum zu unterscheiden. An ähnlichen

Erfahrungen hängt die Entscheidung über die Ätherhypothese. Und wie man jetzt vielleicht befürchtet, die Undulationen des Äthers bei Licht möchten ihrer Natur nach nie bewiesen werden können, hätte der Hypothesengegner einst beim Tiefstande experimenteller Technik meinen können, die angenommenen Schwingungen der Luft würden nie feststellbar sein, weil das Medium zu fein, zu wenig faßbar sei.

Wie aber ein kontinuierlicher Übergang besteht von den langen wahrnehmbaren Undulationen tiefer Töne zu den nie wahrgenommenen der höchsten, so haben wir auch einen kontinuierlichen Übergang von den feststellbaren langen Hertzschen Wellen bis zu den Lichtschwingungen. Wenigstens kann der Lücke, die noch zwischen den kürzesten Hertzschen und den längsten Wärmewellen immerhin besteht, keine entscheidende Bedeutung beigelegt werden.

VIII. Die Diskontinuität der Materie.

Mit den mechanischen Hypothesen der heutigen Physik ist auf das engste die Vorstellung von der molekularen Struktur der Materie verwachsen. Erst durch die Annahme, daß die scheinbar durch und durch homogene Materie aus einer großen Zahl unwahrnehmbar kleiner Teilchen diskontinuierlich aufgebaut ist, wird es möglich, so mannigfaltige Bewegungen sich vorzustellen, wie sie für die ausgebildeten mechanischen Hypothesen erforderlich sind.

So ist denn auch die erste umfassende mechanische Natur- und Weltauffassung eine Molekularhypothese: der atomistische Materialismus Leukipps und Demokrits. So sehen wir, wie in der Geschichte der Physik seit der Renaissance mechanische und Molekularhypothesen sich gleichzeitig entwickeln, wie die Ausbildung der einen durch die der anderen bedingt und bestimmt wird, so daß sie zu einem einheitlichen Ganzen verschmolzen sind, in dem die einen nicht ohne die anderen bestehen können.

Indessen sind mechanische Hypothesen im Prinzip natürlich nicht an die Annahme einer Diskontinuität der scheinbar homogenen Körper, an Molekularhypothesen gebunden. Die mechanische Hypothese sehr hoher Töne ist unabhängig von Vorstellungen über den Bau der Materie, ebenso gut mit der Annahme einer homogenen wie einer molekularen Struktur der schwingenden Körper vereinbar. Es mag unsichtbare Bewegungen geben, die Sinnesempfindungen von besonderer Qualität zugrunde liegen, auch wenn homogen erscheinende Körper durch und durch homogen sind.

Eine Bestätigung dieser prinzipiellen Unabhängigkeit mechanischer Hypothesen von Molekulartheorien will man vielleicht in jenen mechanischen Auffassungen finden, die sich den atomistischen Hypothesen als Korpuskularhypothesen gegenüberstellten.

Doch wäre es verfehlt, wenn man die Molekular- und Atomtheorie der heutigen Physik und Chemie den Korpuskularhypothesen gegenüber und der alten philosophischen Atomhypothese ohne weiteres zur Seite stellen wollte. Die Molekular- und Atomtheorie der heutigen Naturwissenschaft ist so weit entfernt, zu den kartesischen Annahmen einer vollständigen Raumerfüllung in einem Gegensatze zu stehen, daß vielmehr nicht wenige Physiker diese vollständige Raumerfüllung durch einen ganz homogenen Äther annehmen. Mögen auch Descartes Motive der Leugnung eines leeren Raumes, seine Identifizierung der körperlichen Substanz mit dem Ausgedehnten, dem Raume, heute ihre Kraft verloren haben, die Frage, ob es einen leeren Raum gibt oder nicht, ist noch keineswegs entschieden. Die Annahme eines Äthers überall dort, wo keine schwere Materie sich befindet (ja vielleicht auch dort, wo sie sich befindet, so daß Äther und ponderable Materie füreinander nicht undurchdringlich wären), spricht für die kartesische Auffassung. Nur fragt es sich, ob dieser Äther, in dem die Atome schwimmen, nicht selbst wieder eine molekulare Struktur hat. Aber auch wenn das der Fall wäre¹⁾, könnte der Äther aus einer homogenen Grundsubstanz bestehen, in dem etwa überall „Moleküle“ aus positiven und negativen Elektronen sich befänden²⁾.

Man darf also jedenfalls die heutige Molekular- und Atomtheorie nicht so fassen, daß sie einen leeren Raum zur Voraussetzung hat. Die traditionelle philosophische Atomlehre machte diese Voraussetzung, die Korpuskularhypothese machte sie nicht, die heutige Naturwissenschaft und ihre Hypothesen haben die Frage noch keineswegs entschieden.

Bei dieser Gelegenheit mag auf einen zweiten wichtigen Unterschied der Molekular- und Atomhypothese der neueren

¹⁾ Vergl. L. Boltzmann: Populäre Schriften, Leipzig 1905. S. 203. (Vortrag: Über die Entwicklung der Methoden der theor. Physik in neuerer Zeit. Münchner Naturforscherversammlung 1899.)

²⁾ Demgegenüber siehe H. A. Lorentz: Sichtbare und unsichtbare Bewegungen, übers. v. Siebert, Braunschweig 1902, S. 82: „Den Äther dagegen wollen wir nicht mit Elektronen bevölkern...“ Doch vergleiche man auch W. Nernst: Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie. Vortrag. Naturforscherversammlung zu Hamburg. Leipzig, 1901. S. 96–97.

Physik und Chemie von der philosophischen Atomlehre hingewiesen werden. Die alten Atomisten setzten voraus, daß die Atome einfach, unzerstörbar, unveränderlich seien, und zwar — das ist das wesentliche — durchaus in absolutem Sinne, nicht nur relativ. Die heutige Physik ist weit entfernt, diese Behauptungen aufrecht zu erhalten. Ihre letzten Bausteine der materiellen Welt sind nur relativ einfach, relativ unzerstörbar und unveränderlich. In Bezug auf viele physikalische Einwirkungen sind die Moleküle unteilbar, anderen gegenüber zerfallen die Molekel in Atome, die ihrerseits heute auch nur als relativ unveränderlich und einfach gelten dürfen. Nicht ohne Grund wird angenommen, daß wir im Radium einen Körper vor uns haben, dessen Atome in noch kleinere Einheiten zerfallen. Und wenn jetzt als letzte Teilchen nicht mehr die Atome, sondern die Elektronen vielleicht zu betrachten sind, so ist das wieder nicht in absolutem Sinne zu verstehen, sondern nur so, daß die bisherigen Erfahrungen keinen Anlaß bieten, eine weitere Teilbarkeit positiv zu behaupten, wie einst kein Grund vorlag, eine Teilbarkeit der Atome der chemischen Elemente zu fordern. Die Frage, ob es absolut unteilbare letzte Teilchen gibt, kann die Naturwissenschaft offen lassen, sie muß sie offen lassen, wenn sie nicht über das durch die Erfahrung Nahegelegte hinausgehen will. Die Erfahrung kann zeigen, daß mit den zur Verfügung stehenden Mitteln eine Teilung nicht weiter fortgesetzt werden kann; daß es überhaupt keine Mittel zu einer weiteren Teilung geben könne, ist eine Behauptung absoluten Charakters, die einer empiristischen Wissenschaft nicht ansteht.

Gewiß kann man bei Physikern und Chemikern Ausdrücke in Menge finden, durch die jene absoluten Prädikate den Atomen zugesprochen werden, besonders wenn sie sich bemühen, die Anwendung des der philosophischen Terminologie entnommenen Wortes Atom zu rechtfertigen. Aber es kommt nicht darauf an, was dieser oder jener Forscher an dieser oder jener Stelle schreibt, sondern was dem Geiste der heutigen Naturwissenschaft entspricht und was das Wesen ihrer Hypothesen ausmacht. Die Atomtheorie fällt nicht, wenn die Atome zerfällt werden können, mag die Bezeichnung Atom oder Unteilbares auch wenig passend sein. Aus der Beschaffenheit eines gefüllten Sackes kann ich

schließen, daß die Füllung aus Erbsen besteht, obwohl die Erbsen auch nur „relativ unteilbar“ sind. Man tut daher den physikalischen Hypothesen Unrecht, wenn man als Punkt 1 aller physikalischen Atomhypothesen jene absolute Einfachheit, Unveränderlichkeit und Unzerstörbarkeit anführt, auf diese Behauptungen seine Kritik richtet und dann mit leichter Mühe beweist, daß sie unhaltbar sind ¹⁾.

¹⁾ „Denn welche Verschiedenheit der Ansichten auch über die Form, Größe usw. der Atome vorherrschen mag, so stimmen doch alle, welche die Atomhypothesen in irgendeiner ihrer Formen als physikalische Theorie vorbringen, in den drei nachfolgenden Sätzen miteinander überein:

1. Die Atome sind absolut einfach, unveränderlich, unzerstörbar; sie sind physikalisch, wenn nicht mathematisch unteilbar. . .“

So charakterisiert Stallo a. a. O., S. 76, die Atome und findet dann S. 82 natürlich: „Aus dem Ganzen sieht man wohl, daß die Gültigkeit des ersten Satzes der Atomtheorie durch die Tatsachen nicht aufrecht erhalten wird.“ Es geht doch sehr weit, wenn Stallo behauptet, alle Vertreter der Atomhypothese stimmten in diesem ersten Satze überein. Er vergißt nicht nur, welcher Verbreitung sich einst Prouts Vorstellungen über den Aufbau der Atome aller Elemente aus Wasserstoffatomen erfreuten, er berücksichtigt auch nicht jene Spekulationen, die sich an die Regelmäßigkeiten des periodischen Systems anzuknüpfen pflegen und die seit einigen Jahrzehnten in jedem Lehrbuch der physikalischen Chemie ihre Stelle finden. Schon 1864 brachte Lothar Meyer, der eine der Schöpfer des periodischen Systems, in seinem Buche: Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik (1. Aufl., Breslau) einen Abschnitt: Natur der Atome: Gründe gegen ihre Einfachheit (S. 135—139). Da heißt es gleich zu Anfang: „Die eigentümlichen regelmäßigen Beziehungen, welche seit lange zwischen den Atomgewichten der verschiedenen Elemente aufgefunden wurden, haben, namentlich in den letzten Jahren, wiederholt die Behandlung der Frage veranlaßt, ob nicht unsere Atome selbst wieder Vereinigungen von Atomen höherer Ordnung, also Atomgruppen oder Molekel seien. In der Tat hat letztere Ansicht eine außerordentlich große Wahrscheinlichkeit für sich, da die Atomgewichte gewisser Gruppen untereinander nahe verwandter Elemente ganz ähnliche Beziehungen untereinander darbieten, wie z. B. die Molekulargewichte gewisser organischer Verbindungen analoger Konstitution . . .“ Diese Überlegungen sind seither Gemeingut der exakten Naturwissenschaft geworden. Die zahlreichen Bestätigungen der dem periodischen System zugrunde liegenden Auffassungen, daneben andere Forschungsergebnisse, wie die über Regelmäßigkeiten von Spektrallinien usw. haben immer wieder einen Anreiz geboten, die Frage nach dem Aufbau der Atome zu ventilieren, die vielleicht jetzt beginnt, im Zusammenhang mit der Elektronentheorie einer Beantwortung fähig zu werden. Vergl. z. B. J. J. Thomson: Elektrizität und Materie. Braunschweig 1904.

Die Atomhypothese der griechischen Philosophen war dadurch charakterisiert, daß sie alle qualitativen Unterschiede der kleinsten Teilchen leugnete. Ihre Atome unterschieden sich nur durch Größe und Gestalt, nicht durch die Qualität. Auch in diesem Punkte hat die empiristische Naturwissenschaft keine Veranlassung, sich an jene Metaphysik anzuschließen. Vielmehr war es zunächst durchaus naheliegend, die Unterschiede der Atome der verschiedenen chemischen Elemente als qualitative aufzufassen. Und auch wenn wir statt der 80 bis 100 verschiedenen Atome der entdeckten oder noch zu erwartenden Elemente nur noch positive und negative Elektronen als letzte Teilchen haben werden, kann die Verschiedenheit der Elektronen vielleicht eine qualitative sein. Sollte aber es einmal gelingen, alle Materie als Komplex von gleichen letzten Teilchen einer einzigen Art aufzufassen, so brauchten wir immer noch nicht anzunehmen, daß diese letzten Teilchen, aus denen etwa auch der Äther aufgebaut wäre, aus einer ganz unveränderlichen Qualität beständen, daß es gar keine qualitativen Unterschiede in der Außenwelt gäbe. Vielmehr bliebe es denkbar, daß diesen letzten Teilchen eine solche Mannigfaltigkeit von Qualitäten innewohnte, wie Leibnizens Monaden, daß jede Wirkung eines solchen Teilchens von einer Veränderung der Qualität oder der Qualitäten begleitet wäre, aus denen es bestände. Dabei bleibt der Gedanke noch ganz unberücksichtigt, ob die räumlichen Unterschiede in der Außenwelt vielleicht qualitative wären.

Von allen derartigen Fragen ist der Bestand dessen ganz unabhängig, was das Wesen der naturwissenschaftlichen Atom- und Molekulartheorie ausmacht. Jene Erfahrungsgebiete, die der Physiker und der Chemiker bearbeiten, fordern keine Entscheidung darüber, ob alle Unterschiede auf solche der raumzeitlichen Verhältnisse, der Lage, Größe, Bewegung usw. zurückführbar sind.

Was nun der Kern der naturwissenschaftlichen Molekular- und Atomtheorie ist, will ich durch die folgenden Überlegungen darzutun suchen. Wie wir aber sahen, daß das Prinzip der mechanischen Hypothesen an der Beantwortung zweier Fragen hing, so können wir auch den Grundgedanken der Molekular- und Atomtheorien, ihre Voraussetzungen auf die Entscheidung zweier Fragen zurückführen. Erstens: Gibt es Gründe, Teilchen,

Körper anzunehmen, die nicht wahrgenommen werden, weil sie zu klein sind? Zweitens: Haben wir erfahrungsgemäße Gewißheit, daß aus kleinen Teilchen, die einzeln nicht wahrgenommen werden, Komplexe gebildet werden können, die den Eindruck des vollkommen Homogenen machen? Wir werden an einfachen Beispielen sehen, daß die Fragen bejahend beantwortet werden müssen; damit ist im Prinzip die Möglichkeit von Molekularhypothesen erwiesen. Des weiteren sind dann andere Fragen zu untersuchen, vor allem, wie sich solche nur scheinbar homogenen Körper von wirklich homogenen unterscheiden müssen und inwieweit die Eigenschaften der Komplexe von den Eigenschaften der Teilchen, inwieweit sie von der Art ihrer Zusammenfügung abhängen, wie also von den beobachteten Eigenschaften der Körper auf die Art ihres Aufbaues und auf die Eigentümlichkeiten der Bausteine, der Teilchen zu schließen ist und was ähnliche Fragen mehr sind.

Ob die Zwischenräume zwischen den Teilchen leer sind, ob die Teilchen wieder Komplexe sind, inwieweit sie unterschieden, eventuell qualitativ unterschieden sind, bleibt dabei zunächst ganz außer Betracht.

Die Gründe, die uns veranlassen anzunehmen, daß Teilchen wegen ihrer Kleinheit nicht wahrgenommen werden, sind denen analog, die die Existenz von unwahrnehmbar kleinen Bewegungen sichern. Wir könnten, um die Betrachtung ganz entsprechend der im vorigen Abschnitt angedeuteten zu gestalten, ein Teilchen beobachten, daß sich mit bestimmter Geschwindigkeit, nach bestimmtem Gesetze, in einer Flüssigkeit auflöst. Das Gesetz würde dann fordern, daß das Teilchen noch eine Zeitlang fortbestände, auch wenn es bereits unsichtbar geworden wäre und mikroskopische Beobachtung würde diese induktive Annahme bestätigen.

Natürlich sind es Erfahrungen weit einfacherer Art, die schon dem naiven Menschen die Existenz von Körpern sichern, die er nicht wahrnimmt, weil sie zu klein sind. Aber im Prinzip ist der Denkprozeß, der zu dieser Annahme führt, doch immer derselbe. Auf induktivem Wege ergeben sich Gründe für die Existenz, und genaue Beobachtung ist oft imstande, die Induktionen zu rechtfertigen. Ich sehe ein Staubteilchen auf dem Papier,

wenn es in deutlicher Sehweite sich befindet und von mir fixiert wird. Ist die Entfernung größer und die Fixationsrichtung eine andere, so sehe ich wohl noch den dicken Klecks auf dem Papier, nicht aber das Staubteilchen. Werden die günstigen Wahrnehmungsbedingungen wieder hergestellt, so erblickt man das Staubteilchen wieder, und zwar kann man das beliebig wiederholen. Nach der bereits oben (S. 101f.) auseinandergesetzten induktiven Beharrungsvoraussetzung wird die Fortexistenz des Teilchens in der Außenwelt angenommen und der Grund dafür, daß es nicht wahrgenommen wird, soweit er objektiver Natur ist, im Unterschiede des Teilchens von dem Kleckse, also in der Kleinheit des ersteren gefunden.

Andere Erfahrungen sind geeignet, den Schluß auf die Existenz nicht sichtbarer kleiner Teilchen zu sichern, ihn in einer Reihe von Fällen unbedingt zuverlässig zu machen. Es sind vor allem jene Fälle zu nennen, in denen kleine Teilchen zugleich wahrgenommen und nicht wahrgenommen werden, sei es von verschiedenen Beobachtern, sei es von verschiedenen Sinnesorganen, etwa Augen, desselben Beobachters. Während das eine unbewaffnete Auge das Staubteilchen nicht wahrnimmt, sieht es das andere mit Hilfe des Vergrößerungsglases. Das Teilchen kann nicht gleichzeitig existieren und nicht existieren. Die Wahrnehmung mit dem bewaffneten Auge fordert die Existenz in der Außenwelt; wird es also für das unbewaffnete Auge als unsichtbar erwiesen, so ist das auf die Kleinheit zurückzuführen.

Für das naive und das einzelwissenschaftliche Denken ist diese Schlußweise immer selbstverständlich gewesen. Wird aber die Existenz einer Außenwelt, von Dingen hinter den Empfindungen und ihren Komplexen, geleugnet, so verliert sie ihren Sinn. Das Staubteilchen besteht aus den Empfindungen desselben; solange diese fehlen, ist auch das Staubteilchen nicht da. Die erste Frage kann nur bejaht werden von dem, der eine Außenwelt anerkennt; für den Empfindungsmonismus Machs fällt sie ganz fort und mit ihr natürlich die ganze Molekularhypothese.

Die Antwort auf die zweite der obigen Fragen ist jetzt ebenso leicht zu geben. Der Erfahrungen sind unzählige. Jede Staubwolke zeigt, daß ein Komplex von unsichtbar kleinen Teilchen den Eindruck des homogenen machen kann. Aus genügender

Entfernung betrachtet, bei passenden ungünstigen Wahrnehmungsbedingungen erscheint uns jeder Komplex von zahlreichen diskreten Teilchen homogen, die Milchstraße, ein Steinhäufen, ein Stück Kreide, eine trübe Lösung. Wie mancher Körper, der einst als homogen betrachtet wurde, hat sich nicht der auflösenden Kraft der Fernrohre und Mikroskope gegenüber von diskreter Struktur erwiesen! Vermeintliche Nebelflecke ergaben sich als Sternhäufen, und die überwiegende Mehrzahl der dem unbewaffneten Auge homogen erscheinenden Körper zeigte bei hinreichender Vergrößerung eine kompliziertere, diskontinuierliche Struktur.

Das Beispiel der Sternhäufen, die ohne oder bei zu schwachen optischen Instrumenten als Nebelflecke erschienen und lange für solche gehalten wurden, bietet uns gleichzeitig eine Illustration dafür dar, wie die diskontinuierliche Struktur aus den Eigenschaften erschlossen werden kann und erschlossen worden ist, ohne daß sie oder bevor sie durch hinreichende Vergrößerung nachgewiesen wurde. Ein echter Nebelfleck gibt ein Gasspektrum mit leuchtenden Linien, ein Sternhaufe liefert das kontinuierliche Spektrum fester Körper mit Absorptionslinien usw. Zeigt ein als Nebelfleck erscheinendes Gebilde ein Spektrum der letzteren Art, so handelt es sich in Wirklichkeit um einen Sternhaufen. Dieser einfache Schluß ist überaus interessant für die Frage nach der homogenen oder inhomogenen Struktur der Körper; er ist durch Anwendung stärkerer Vergrößerungen natürlich bestätigt worden.

Es ist leicht, ähnliche Schlußweisen bei einfacheren alltäglichen Verhältnissen anzuführen. Ich sehe im Halbdunkel am Straßenrande einen Hügel, der mir ganz homogen erscheint, und den ich ebensogut für einen homogenen Lehmhaufen, wie für einen inhomogenen Steinhügel halten kann. Ein Vorübergehender stößt mit seinem Stock in den Hügel und ich vernehme ein Geräusch wie von rollenden und sich verschiebenden Steinen. Ich schließe daraus, daß es sich um einen Steinhäufen handelt. — Wir sind alle weit entfernt, die so gewonnene Vorstellung für eine Fiktion, die noch so zweckmäßig sein mag, zu halten; vielmehr sind wir überzeugt, daß der Vorstellung eine engere Beziehung auf die Außenwelt zukommt, daß sie nicht nur zweckmäßig, sondern daß sie zutreffend, richtig, wahr ist. Der Viel-

heit der angenommenen Steine entspricht eine Vielheit von zugrunde liegenden Außenweltsexistenzen, -körpern, wie wir nach dem Vorhergehenden sagen dürfen.

Der Schluß auf die Molekel, die ein Stück Eisen zusammensetzen, ist im Prinzip nicht von dem Schlusse auf die Steine verschieden, aus denen der in der Dunkelheit homogen erscheinende Hügel besteht, wie wir gleich sehen werden. Man kann den einen für unsicherer halten als den anderen — vielleicht wäre auch das ohne Grund —; aber eine prinzipielle Ablehnung der Molekulartheorie müßte konsequenterweise auch den Schluß auf die Steine des Hügels angreifen. Man kann nicht die eine Annahme als richtig, die andere lediglich als fiktiv betrachten, als eine Fiktion, die immer Fiktion bleiben müsse, so daß der Versuch, in ihr mehr zu sehen, sie zu beweisen, als unwissenschaftlich abzulehnen wäre.

Um ein Beispiel eines Schlusses zu geben, der einer der Begründungen der Molekularhypothese noch genauer entspricht, denken wir uns, zwischen zwei Brettern befände sich eine Materie. Die parallelen Bretter mögen so weit überstehen, daß beim Blicken zwischen dieselben diese Materie in dem dort herrschenden Halbdunkel homogen erscheint. Wir drücken nun die beiden Bretter zusammen; die zwischen ihnen befindliche Materie wird dadurch zu einer Schicht abgeplattet, die dünner und dünner wird. Zunächst möge die Abplattung weiter und weiter gehen, ohne daß der dazu erforderliche Druck auf die beiden Bretter sich wesentlich oder gar plötzlich stark ändern müßte. Aber in dem Augenblicke, in dem die Bretter den Abstand von einem Millimeter erreicht haben, mag das Verhalten der abgeplatteten Schicht mit einem Male ein gänzlich anderes werden. Obwohl der Druck sehr gesteigert wird, ist keine weitere Abplattung zu erreichen. Erst bei Anwendung ungemein großer Kräfte beginnt wieder eine schwache Annäherung der beiden Bretter.

Was werden wir hieraus schließen? Wäre jene Materie durchaus homogen bis in die kleinsten Teilchen, so wäre gar kein Grund für die plötzliche Veränderung im Verhalten der Schicht zu finden, wenn diese die bestimmte Dicke von 1 mm erreicht hat. Wenn sich die 10 mm dicke Schicht abplätten ließ, so wäre das darauf zurückzuführen, daß jede der 10 Schichten

von 1 mm Dicke, aus denen die ganze Schicht bestand, abgeplattet werden könnte. Die Eigenschaften, die der dickeren Schicht zukamen, müßten auch der dünneren Schicht zukommen. Die dünne Schicht, ein beliebiges kleines Teilchen einer homogenen Materie, wäre ja ein vollkommenes Abbild der dicken Schicht, eines größeren Quantums, nur in verkleinertem Maßstabe. Die Eigenschaften des größeren Quantums müßten auch dem kleinsten Teilchen, der dünnsten Schicht zukommen, nur in entsprechend verkleinertem Maßstabe, wenn nicht besondere Gründe für ein anderes Verhalten vorlägen.

Wir werden also schließen, daß die Materie zwischen unseren Brettern nicht einfach homogen ist, sondern daß sie eine Struktur hat, so daß eine 1 mm dicke Schicht nicht einfach ein verkleinertes Abbild einer 10 oder 100 mm dicken ist. Die Elemente jener Struktur werden von einer Größe sein, die von der Größenordnung eines Millimeters ist.

Wir sind jedenfalls sehr geneigt anzunehmen, daß die Materie zwischen den beiden Brettern aus festen Körnern besteht, die zum großen Teil einen ungefähren Durchmesser von 1 mm haben. So ergibt sich die plötzliche Abweichung im Verhalten gegen Druck von selbst. Die Körnchen sind so lange auseinandergeschoben worden, als noch Schichten von ihnen übereinanderlagen. Ist die ganze Schicht nur noch 1 mm dick, so liegt nur noch eine Lage Körnchen zwischen den Brettern und ein weiteres Beiseiteschieben ist unmöglich.

Es ist klar, daß diese Erklärung eine Hypothese ist. Jene merkwürdige Veränderung bei 1 mm Schichtendicke kann möglicherweise andere Gründe haben als eine Diskontinuität der Materie. Indessen wird jedermann geneigt sein, die vorliegende Hypothese anzunehmen, wenn noch weitere Gründe für sie sprechen, wenn vielleicht beim Zusammendrücken ein charakteristisches Geräusch entstand, wie es bei der Reibung von Körnchen zu entstehen pflegt.

Als ein Kennzeichen der Diskontinuität einer Materie hätten wir es also zu betrachten, wenn Schichten derselben, bei zunehmender Abplattung, Verdünnung, plötzlich in wenig stetiger Weise ihre Eigenschaften ändern. Wir werden dies Kennzeichen nicht als absolut untrüglich betrachten, werden ihm aber um so

mehr Vertrauen schenken, als die auf dasselbe gestützten Schlüsse auf eine diskontinuierliche Struktur von anderer Seite Verifikationen erfahren.

In der Tat ist nun diese Unstetigkeit im Verhalten von Flüssigkeitsschichten von abnehmender Dicke zu konstatieren. Wird eine Ölhaut auf Wasser dünner und dünner, so tritt schon bei einer Dicke von $100\ \mu\mu$ eine plötzliche Veränderung ein. Bei weiterer Ausbreitung der Schicht bildet sich auf einmal eine sehr viel feinere Schicht von $20\ \mu\mu$, die nicht mehr den Glanz der $100\ \mu\mu$ -Schicht hat. Die dünnere Haut überzieht aber noch das Wasser gleichmäßig und läßt sich wieder kontinuierlich ausziehen; sie ist noch imstande, einem Gasstrahl den Durchgang zum Wasser zu versperren. Bei einer durchschnittlichen Dicke von $2\ \mu\mu$ geht der Gasstrahl durch die Schicht hindurch. Treibt man die Ausdehnung noch weiter, so daß bei kontinuierlicher Verteilung eine Schicht von $0,3$ bis $0,5\ \mu\mu$ vorhanden sein müßte, so ist überhaupt nichts mehr von ihr nachzuweisen¹⁾.

Wesentlich übereinstimmende Beobachtungen macht man an Häutchen von Wasser oder Seifenlösung. Schon Newton hat diese Erscheinungen gesehen und schön beschrieben.

„Wenn man mit Wasser, welches man durch Auflösen von etwas Seife zähe gemacht hat, eine Blase bläst, so zeigt dieselbe, wie allgemein bekannt ist, nach einiger Zeit die mannigfaltigsten Farben. Um eine Bewegung dieser Blasen durch die äußere Luft zu verhindern (wodurch die Farben derselben durcheinander bewegt werden, so daß sie sich nicht genau beobachten lassen), bedeckte ich jede derselben, sobald ich sie geblasen hatte, mit einem reinen Glas. Die Farben zeigten sich dann in einer äußerst regelmäßigen Reihenfolge in Gestalt kon-

¹⁾ $1\mu = \frac{1}{1000}$ mm (= ein Mikron), $1\mu\mu = \frac{1}{1000000}$ mm. Eine schöne, popu-

läre Darstellung der Grundlagen der Molekulartheorie findet man z. B. bei G. Mie: „Moleküle, Atome, Weltäther“. Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 58. Ich entnehme dem Bändchen einige Angaben. Übrigens sei darauf aufmerksam gemacht, daß dabei einige Vorsicht angewandt werden muß, da leider eine Reihe von Druckfehlern sich eingeschlichen haben. Sehr oft muß es $\mu\mu$ anstatt μ heißen, z. B. S. 6 und S. 8. — Der philosophisch orientierte Leser des Bändchens wird überrascht sein durch den Kontrast zwischen der Einleitung S. 1 oben und den weiteren Kapiteln.

zentrischer Ringe, die die Spitze der Blase umgaben. Und während die Blase durch das beständige Herabziehen des Wassers dünner wurde, dehnten sich diese Ringe langsam aus und überzogen die ganze Blase, indem sie der Reihe nach bis an das untere Ende der Blase herabsanken und hier einer nach dem andern verschwanden. Nachdem die sämtlichen Farben an der Spitze hervorgetreten waren, entstand in der Mitte der Ringe ein kleiner, runder, schwarzer Fleck, wie bei der ersten Beobachtung, der sich fortwährend ausdehnte und zuweilen mehr als einen halben oder dreiviertel Zoll breit wurde, bevor die Blase zerplatzte. Anfangs dachte ich, es sei an dieser Stelle kein Licht von dem Wasser reflektiert worden, allein bei sorgfältiger Betrachtung sah ich innerhalb derselben mehrere kleinere runde Flecken, die viel schwärzer und dunkler als der Rest erschienen, wodurch ich erkannte, daß an den anderen Stellen, die nicht so dunkel als diese Flecken waren, etwas Licht reflektiert wurde. Bei weiteren Beobachtungen fand ich, daß ich erkennen konnte, wie nicht nur von dem großen schwarzen Fleck, sondern auch von den kleineren dunkleren Flecken innerhalb desselben die Bilder mancher Gegenstände (z. B. einer Kerze und der Sonne) sehr schwach reflektiert wurden.“¹⁾

Eine Haut von Seifenlösung²⁾ bekommt also, wenn sie dünner und dünner wird, ähnlich scheinbare Löcher, d. h. wenig glänzende oder reflektierende Stellen, wie eine Ölhaut auf Wasser. Reinold und Rücker waren imstande, die Dicke der Häute durch elektrische Widerstandsmessungen an denselben zu bestimmen. Es ergab sich (ebenso wie nach einer optischen Methode), daß die Verdünnung der Lamelle stetig fortschritt bis zu einer Dicke von $50\text{ }\mu\mu$; dann entstand bei weiterer Ausdehnung der Flüssigkeit plötzlich die etwa $10\text{ }\mu\mu$ dicke dunkle, d. h. wenig reflektierende Schicht, die nun eine weitere Ausdehnung wieder in stetiger Weise zuließ. Durch eine energetische Betrachtung zeigte W. Thomson, daß das dunkle Häutchen sich nicht weiter ausdehnen lasse als bis zu einer

¹⁾ Optik. S. 187 und 191 der Ausgabe von 1721, zweites Buch, Teil I, Obs. 17, zitiert nach der Übersetzung der Vorträge und Reden von W. Thomson. Bd. I, S. 134, 135. (Berlin 1891.)

²⁾ Oder Plateaus Glycerinflüssigkeit.

Becher, Philosophie. Voraussetzungen.

Dicke von $0,1 \mu\mu$, daß es dann vielmehr in Dampf übergehen müsse¹⁾).

Diese Erscheinungen deuten ebenso auf die inhomogene Struktur der Materie, aus denen jene Flüssigkeiten bestehen, wie die Unstetigkeit im Verhalten gegen Druck, die bei der Dicke von 1 mm der materiellen Schicht zwischen unseren Brettern sich zeigte, auf die Struktur jener Schicht uns führte. In beiden Fällen ändern sich die Eigenschaften plötzlich, wenn die Schichtdicke unter eine gewisse Grenze gesunken ist. „Das plötzliche Auftreten und die anhaltende Beständigkeit des schwarzen Häutchens beweisen einen Satz, der in der Molekulartheorie von fundamentaler Wichtigkeit ist: Die Spannung des Häutchens, die sich nicht merklich ändert, wenn die Dicke größer als fünfzig millionstel Millimeter ist, sinkt auf ein Minimum und beginnt wieder zuzunehmen, wenn die Dicke auf zehn millionstel Millimeter vermindert wird. Es scheint unmöglich, diese Tatsache durch irgendein Gesetz über die zwischen den Teilchen des Häutchens wirkende Kraft zu erklären, wenn wir das Häutchen als homogen betrachten; wir sind vielmehr zu der Annahme gezwungen, daß sie durch die molekulare Heterogenität bedingt wird.“²⁾

Der Schluß auf die inhomogene Struktur ist genau dem entsprechend, was wir bei der Schicht zwischen den Brettern gefolgert haben. Man kann ihn, wie wir im Kapitel über Hypothesenbildung allgemein andeuteten, als Analogieschluß auffassen, der von den sichtbar großen Verhältnissen bei der Materie zwischen den Brettern zu den unsichtbar kleinen der Molekularwelt führt.

Entsprechende Unstetigkeiten im Verhalten zeigen dünne Metallschichten auf Platin und Glas. Oberbeck überzog elektrolytisch Platinblech mit dünnen Metallhäuten und stellte es reinem Platinblech gegenüber in eine Metallsalzlösung. „War die Metallhaut einige $\mu\mu$ dick, so gab sie dieselbe Spannung, wie ein massives Stück aus demselben Metall. War sie viel dünner als $1 \mu\mu$, so gab sie überhaupt kaum eine Spannung,

¹⁾ Siehe Vorträge und Reden: Die Größe der Atome. S. 135 f.

²⁾ W. Thomson, a. a. O. S. 7.

wie wenn das von ihr überzogene Platinblech überall durchschaute. Dazwischen fand ein sehr rascher Übergang statt bei folgenden Werten der Dicke:

Zink: $2,5 \mu\mu$; Kadmium: $1,7 \mu\mu$; Kupfer: $0,7 \mu\mu$. Von diesem Grad der Feinheit an beginnt also die Metallhaut sozusagen löcherig zu werden . . .¹⁾

Eine weitere interessante Abweichung vom Verhalten dickerer Schichten zeigen dünne Häutchen von Metall auf Glas hinsichtlich des elektrischen Leitungswiderstandes. Eine mäßig dünne Metallschicht hat denselben Leitungswiderstand wie ein Draht, dessen Querschnitt gleich dem der Schicht, also gleich dem Produkt aus ihrer Breite und Dicke ist; auch nimmt der Widerstand der Schicht beim Erwärmen zu wie bei einem Draht. Ganz abweichend verhalten sich sehr dünne Metallhäutchen. Ihr Widerstand ist größer als der eines Drahtes von gleichem Querschnitt, und er nimmt beim Erwärmen nicht zu, sondern manchmal sogar ab. „Wir sehen hier ganz besonders deutlich: Materie in äußerst feiner Verteilung ist nicht mehr gleich beschaffen mit größeren Stücken“²⁾; das aber müßte die Annahme der Homogenität fordern.

Wie die körnige Struktur der Materie zwischen den beiden Brettern vielleicht durch weitere Erscheinungen sich zu erkennen gab, etwa durch das Geräusch beim Zusammendrücken, so deutet eine Fülle von weiteren Erfahrungen auf die allgemeine Heterogenität der Materie hin. Freilich scheinen mir diese Veränderungen in den Eigenschaften sehr dünner Häute am einfachsten die Natürlichkeit der molekulartheoretischen Auffassung darzutun, diese am unmittelbarsten zu ergeben. Im folgenden mögen einige weitere Gründe für die Molekulartheorie angeführt bzw. nur angedeutet werden. Vollständigkeit kann dabei natürlich nicht angestrebt werden, schon weil auf mathematisch-physikalische Deduktionen verzichtet werden soll. Es kommt ja auch mehr darauf an, die Natur der Schlüsse zu demonstrieren, die auf unsere Hypothese hinführen, als diese Hypothese so wahrscheinlich zu machen, als das mit Benutzung aller physikalisch-

¹⁾ G. Mie, a. a. O. S. 23.

²⁾ G. Mie, a. a. O. S. 24.

chemischen Erkenntnisse jetzt angeht. Es ist nur zu zeigen, daß die Gründe im Prinzip sehr wohl geeignet sind, eine Wahrscheinlichkeit zu ergeben, so daß man in der Hypothese der Diskontinuität eine mehr oder minder wahrscheinliche Annahme, nicht nur eine gewisse Eigenschaften der Materie zweckmäßig darstellende Fiktion erblicken darf. Halten wir es ja auch nicht nur für eine solche Fiktion, daß die Materie zwischen jenen Brettern eine körnige Struktur hat!

Beginnen wir mit einem Argumente aus der Mechanik — es ist freilich das stärkste nicht, und seine Voraussetzungen erfreuen sich nur sehr geringer Beliebtheit. Indessen ist es sehr instruktiv, wenn es auch unzulänglich sein mag. Es handelt sich um eine Hypothese der Kohäsion, die von W. Thomson stammt¹⁾.

Das Newtonsche Gravitationsgesetz gilt zweifellos in sehr weiten Grenzen mit großer Genauigkeit. Es wurde von seinem Entdecker für astronomische Entfernungen bewiesen und die fortschreitende Beobachtung der kosmischen Bewegungen scheint es immer genauer zu bestätigen, wenn auch einige Abweichungen, z. B. in den Bewegungen des Merkur, unerklärt bleiben. Maskelyne und Cavendish verifizierten das Gravitationsgesetz für irdische Entfernungen, was ebenfalls bei weiteren Untersuchungen sich bewährte. Es liegt daher nahe, die Anziehungen auf ganz kleine Entfernungen ebenfalls auf das Newtonsche Gesetz zurückzuführen, mit anderen Worten, die Kohäsion als einen Spezialfall der Schwere zu betrachten.

Dieser Erweiterung des Gesetzes steht eine Schwierigkeit entgegen. Für die betreffenden Entfernungen ergeben sich nämlich bei der Annahme der Homogenität der Materie viel zu kleine Kräfte.

Man hat versucht, Newtons Gesetz als eine Annäherung an die richtige Gleichung zu betrachten, ergänzende Glieder anzunehmen, deren Einfluß bei astronomischen Entfernungen verschwindet, bei minimalen Abständen dagegen sehr bedeutend

¹⁾ „Note on Gravity and Cohesion“, Proceedings of the Royal Society of Edinburg, 21. April 1862 (Bd. IV). Vergl. den Vortrag über Kapillaranziehung in den Vorträgen und Reden, S. 1—7. Dort findet man auch eine Übersetzung der obigen Abhandlung im Anhang B. S. 47—50.

werden kann. Man hat etwa die Formel Newtons $\frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$ durch $\frac{M_1 \cdot M_2}{R^2} e^{-\mu R}$ ersetzt, die den Beobachtungen durch passende Wahl von μ angepaßt wird.

W. Thomson zeigt nun, daß die Schwierigkeit fortfällt, wenn man „eine hinreichend intensive Heterogenität der Struktur irgendwelcher Art“ annehmen will, „wenn nur ein beträchtlicher Teil der ganzen Masse in einem kontinuierlichen Raum im Innern so kondensiert ist, daß es möglich ist, von jedem beliebigen Punkt dieses Raumes als Mittelpunkt eine Kugelfläche zu beschreiben, die eine bedeutend größere Menge von Materie enthält als derjenige Teil der gesamten Materie des Körpers, welcher diesem Volumen entsprechen würde“¹⁾.

Die Kohäsionskräfte, die bei der Tropfenbildung ins Spiel kommen, sind millionenmal größer als sie nach Newtons Gesetz sein müßten, wenn das Wasser homogen wäre. „Es müssen daher entweder diese Anziehungskräfte auf sehr geringe Entfernung ungeheuer viel schneller zunehmen, als es das Newtonsche Gesetz erfordert, oder die Substanz des Wassers ist nicht homogen.“²⁾ Nimmt man also die Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes für kleine Entfernungen an, so ergibt sich die Notwendigkeit der Heterogenität der Materie.

Natürlich ist die Annahme, daß die Anziehung auf kleine Entfernung genau oder ziemlich genau nach Newtons Formel erfolgt, in hohem Grade hypothetisch, und darin besteht die Schwäche des Argumentes.

Die stärkste Stütze findet die Molekulartheorie an der Chemie, vor allem am Gesetz der multiplen Proportionen. Daß die Molekulartheorie der großen Anzahl physikalisch-chemischer Gesetzmäßigkeiten gegenüber überhaupt immer durchführbar ist, spricht sehr für ihre Richtigkeit; denn bei einer unzutreffenden Vorstellung müßte diese Durchführbarkeit als ein sehr unwahrscheinlicher Zufall betrachtet werden.

An dieser Stelle sollen die der Chemie zu entnehmenden

¹⁾ Vorträge und Abhandlungen. S. 49.

²⁾ Ebendasselbst S. 3.

Argumente noch unerörtert bleiben. Unter den physikalischen Beweisgründen hat immer die Tatsache der Dispersion des Lichtes eine hervorragende Rolle gespielt.

Die Überlegung gründete sich auf die alte mechanische Undulationstheorie. Die mathematische Wellentheorie beweist, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Wellen in einem homogenen Medium unabhängig ist von der Wellenlänge und vollständig durch das Verhältnis der Elastizität des Mediums zu seiner Dichte gegeben ist. Die Akustik bestätigt die Richtigkeit des Satzes, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit erfahrungsgemäß unabhängig von der Wellenlänge, also von der Tonhöhe ist.

Dagegen ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verschiedenfarbigen Lichtes in scheinbar homogenen Stoffen, wie Wasser, Glas, Schwefelkohlenstoff, in starkem Maße abhängig von der Farbe, d. h. von der Schwingungszahl oder der Wellenlänge. Die kürzeren Lichtwellen pflanzen sich in ponderabler Materie langsamer fort als die längeren, und darauf beruht die stärkere Brechung der nach Violett zu im Spektrum liegenden Farben, die Dispersion des Lichtes. Wären die Dispersion bewirkenden Stoffe vollkommen homogen, so läge in der Tatsache etwas ganz Unbegreifliches, den mechanischen Sätzen der Wellentheorie Widerstrebendes. Im Anschluß an einen Gedanken von Coriolis war Cauchy¹⁾ der erste, der die Konsequenz zog, die Dispersion auf die Inhomogenität des Mediums zurückzuführen. Ist die Farbenzerstreuung durch ein homogenes Medium nicht möglich, so müssen eben die zerstreuen Medien inhomogen sein.

Im einzelnen waren freilich Cauchys Hypothesen unhaltbar. Sie führten zu der Annahme einer grobkörnigen Struktur von so großen Dimensionen, daß ihre Anerkennung mit allen anderen Schlüssen auf dieselbe und mit einfachen Erfahrungen in Konflikt kam²⁾. Auch stellt die von ihm erhaltene Dispersionsformel nur eine grobe Annäherung an die Wirklichkeit dar. Viele Versuche

¹⁾ Mémoire sur la dispersion de la lumière. Prag 1836.

²⁾ Siehe z. B. Thomson: Vorträge und Reden. S. 144—152; besonders S. 152.

wurden unternommen, die Schwierigkeiten zu vermeiden, so von Briot, Holtzmann, Redtenbacher, Neumann, Sellmeier, Ketteler, Helmholtz, W. Thomson; alle hielten die Konsequenz fest, daß das zerstreuende Medium inhomogen sein müsse¹⁾.

Cauchy und seine Nachfolger schrieben die geforderte Molekularstruktur dem Äther zu, der in dem farbenzerstreuenden Medium angenommen wird und in ihm die Fortpflanzung des Lichtes vermittelt.

Diese spezielle Ausgestaltung der Dispersionstheorie gibt J. B. Stallo²⁾ Anlaß, den Schluß auf die Molekularhypothese aus der Farbenzerstreuung einer Kritik zu unterziehen. Wäre die Dispersion auf die verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Farben und diese auf die Molekularstruktur des Äthers zurückzuführen, so müßten Lichtarten von verschiedener Wellenlänge sich mit verschiedener Geschwindigkeit durch den Himmelsraum fortpflanzen. Rotes Licht müßte sich schneller ausbreiten als violettes. Wenn also ein Jupitertrabant aus dem Schatten

¹⁾ In den neueren mechanischen Theorien der Dispersion wurde die Wechselwirkung zwischen ponderabler Materie und Äther in wechselnder Weise in Anrechnung gebracht. Briot: „*Essay sur la théorie mathématique de la lumière*“, Paris 1864, S. 89 f.; Redtenbacher: „*Dynamidensystem*“, S. 130 f.; Ketteler: „Über den Einfluß der ponderablen Moleküle auf die Dispersion des Lichtes“, Pogg. Ann. Bd. 140, S. 2 f. und S. 177 f.; Helmholtz: „*Theorie der Dispersion*“, 1874, Wissensch. Abh., Bd. 2, S. 213; W. Thomson, a. a. O. S. 153, ausgearbeitet und mathematisch untersucht in einer vor der Royal Society of Edinburg am 5. März 1883 gelesenen Abhandlung: „Über die dynamische Theorie der Dispersion.“

W. Sellmeiers Dispersionsformel gab denen von Briot, Redtenbacher und anderen abgeleiteten gegenüber besser mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate. Er nahm an, daß die ponderablen Atome des zerstreuenden Mediums auf den Äther wirken und daß dabei ein reibungsartiger Widerstand der Bewegung entgegenwirkt. Die Annahme einer Reibungskraft machte auch Helmholtz; die ponderablen Atome schwingen mit, beeinflusst durch jene Reibung. W. Thomson stellt sich vor: „daß jedes (Äther-) Molekül in einer bestimmten Weise durch den elastischen Zusammenhang mit schwerer Materie belastet ist, — daß jedes Äthermolekül in der greifbaren, durchsichtigen Materie sozusagen von einer Franse von Teilchen umgeben ist, die mit der Entfernung immer größer werden und mit dem Molekül elastisch verbunden sind — . . .“, Vorträge und Reden, S. 153. — Sehr bewährt hat sich Kettelers Dispersionsformel.

²⁾ A. a. O. S. 84—89.

des Planeten hervortritt, so würde er Lichtarten aller Farben zu uns senden; aber die roten Strahlen müßten uns zuerst erreichen, dann erst nach und nach die gelben, grünen, blauen, violetten. Der Trabant müßte uns erst rötlich erscheinen und dann durch Orange hindurch weiß werden, wenn Licht aller Farben uns erreicht hätte.

Die Beobachtung der Trabantenverfinsterungen zeigt die nach Cauchys Hypothese zu fordernde Farbenerscheinung nicht. Diese und andere Tatsachen zeigen, daß sich Lichtarten verschiedener Wellenlänge in den kosmischen Räumen mit gleicher oder sehr nahe gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen.

Damit ist erwiesen — was auch Thomsons oben erwähnte Bedenken schon zeigten —, daß die speziellen Voraussetzungen Cauchys nicht der Wirklichkeit entsprechen.

Ist das Licht eine mechanische Wellenbewegung und pflanzen sich Lichtarten von verschiedener Wellenlänge mit gleicher Geschwindigkeit im freien Äther fort, so ist dieser entweder ein Kontinuum oder er besitzt eine viel feinere Struktur, als Cauchys Hypothese fordern mußte. Aus der gleichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit folgt keineswegs unbedingt schon die Homogenität, sondern es bleibt eine hinreichend feine Struktur möglich; so pflanzen sich ja auch Schallwellen verschiedener Länge in Luft und Gasen usw. mit gleicher Geschwindigkeit fort. Die nach der kinetischen Gastheorie anzunehmende Molekularstruktur der Luft ist eben ungemein fein im Verhältnis zur Länge der Schallwellen.

Trifft die Kritik Stallos demnach die speziellen Voraussetzungen von Cauchys Hypothese, so täuscht er sich indessen, wenn er meint, damit sei das ganze Argument für die Heterogenität, die Molekularstruktur, hinfällig. Das trifft nur für den freien Äther zu; für diesen folgt aus der Tatsache der gleichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Farben in kosmischen Räumen nur, daß er keine Struktur von einer gewissen relativ hohen Grobheit haben kann. Aber für unsere irdischen farbenzerstreuenden Medien behält der Schluß seine volle Beweiskraft. Wäre ein Stück Diamant vollkommen homogen durch und durch, so müßten Wellen verschiedener Länge mit gleicher Geschwindigkeit durch ihn hindurchgehen; es könnte keine Dispersion eintreten.

Die Erfahrung zeigt die Dispersion; also ist Diamant nicht durch und durch homogen, sondern das uns ganz homogen erscheinende Stück muß eine Struktur irgendwelcher Art haben.

Die zahlreichen Umgestaltungen und Verbesserungen der Hypothese Cauchys können heute meist nur noch historisches Interesse beanspruchen, seit die alte Undulationstheorie ersetzt ist durch die elektromagnetische Lichttheorie. Indessen bleibt für diese Hypothese elektromagnetischer Schwingungen der Schluß durchaus bestehen; man kann sogar mit Recht sagen: er wird bedeutend zuverlässiger und zwingender.

Die Tatsachen der Dispersion waren der Maxwellschen Theorie in ihrer ursprünglichen Form ebenso ein Anlaß zu Schwierigkeiten, wie sie es einst der mechanischen Undulationstheorie gewesen waren. Diese Schwierigkeiten wurden durch die Verbindung der Maxwellschen Theorie mit der neuerstandenen Theorie von der atomistischen Struktur der Elektrizität, der Elektronentheorie, beseitigt¹⁾. Auf dieser Grundlage stellte Helmholtz²⁾ eine zweite, elektromagnetische Theorie der Dispersion auf, aus der sich auch Kettlers wohlbewährte Dispersionsformel ergibt. Gleichzeitig stimmt die Helmholtz-Kettlersche Gleichung mit dem festgestellten Zusammenhang von Dispersion und Absorption.

A. H. Lorentz³⁾ ging weiter. Seine Theorie umfaßt auch noch die Aberrationserscheinungen. Sie wurde auf das glän-

¹⁾ Nach dieser Ansicht sind für die optischen Erscheinungen die Schwingungen elektrischer Teilchen, der Elektronen, der Ausgangspunkt.

²⁾ Wied. Ann. 48, S. 389, 1893. Wiss. Abh., Bd. III, S. 505.

³⁾ Archiv. néerl. 25. In Buchform: Leiden, E. J. Brill, 1892. Siehe hierzu W. Kaufmann: „Die Entwicklung des Elektronenbegriffs“. Verh. deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hamburg. Leipzig 1901. S. 115–126, besonders 119 und 120. Eine mathematische Einführung in die Elektronentheorie gibt das so betitelte Buch von A. H. Bucherer, Leipzig 1904. Eine ganz kurze populäre Darstellung findet man auch in dem zitierten Bändchen von G. Mie, ferner sehr übersichtlich bei H. Kayser: „Die Elektronentheorie“, Rede, Bonn 1903, oder bei Lorentz: „Sichtbare und unsichtbare Bewegungen“, Braunschweig 1902, wo man auch eine Darlegung des Zeemanschen Phänomens findet (S. 102). Etwas eingehender behandeln die Elektronentheorie und auch diese Erscheinung G. C. Schmidt: „Die Kathodenstrahlen“, Braunschweig 1904, und von den bekannten physikalischen Lehrbüchern Riecke, Bd. II, Leipzig 1902, beide ohne höhere mathematische Hilfsmittel.

zendste verifiziert durch Zeemans Entdeckung des nach ihm benannten Phänomens. Auf im für uns wesentlichen mit Helmholtz und Lorentz übereinstimmenden Grundlagen beruhen die Hypothesen von Drude¹⁾ und Poincaré²⁾.

Alle diese Theorien setzen voraus, daß die uns homogen erscheinende Materie nicht homogen ist, ja, daß in dieser sogar Elektrizität diskontinuierlich verteilt ist. Die durch die genannten Forscher gewonnene Auffassung paßt sich vorzüglich den Erfahrungstatsachen an und ist, wie erwähnt wurde, glänzend verifiziert worden.

An dieser Stelle interessieren uns die neueren elektronentheoretischen Hypothesen nur insoweit, als auch sie eine inhomogene Struktur der Materie voraussetzen müssen. Nicht alle Punkte des scheinbar homogenen Körpers sind in der Außenwelt gleich beschaffen. Ist die elektromagnetische Lichttheorie richtig, durch Hertz' Experimente gesichert, so ist eine inhomogene Struktur der Materie zu fordern; denn ohne diese wäre die tatsächliche Dispersion nicht möglich. Jener Satz über die Unabhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Wellenlänge im homogenen Mittel gilt auch für elektromagnetische Wellen.

Das auf die Tatsache der Dispersion aufgebaute Argument bleibt also bestehen und muß schwer ins Gewicht fallen; um so viel schwerer, als die elektromagnetische Lichttheorie sicherer erscheinen muß, als einst die alte mechanische Schwingungstheorie erscheinen konnte bei der großen Zahl von Schwierigkeiten, die ihr anhafteten, bevor Hertz' Experimente endgültig der Maxwell'schen Theorie den Sieg verliehen.

Auch die Polarisationserscheinungen nötigten die Vertreter der alten mechanischen Schwingungstheorie des Lichtes, eine diskontinuierliche Struktur des Äthers anzunehmen. Wir wollen auf dies Argument nicht näher eingehen, da wir die ganze Ätherfrage vorderhand auf sich beruhen lassen können; hier handelt es sich vorläufig darum, ob die gewöhnliche, homogen erscheinende ponderable Materie eine inhomogene Struktur hat oder

¹⁾ Drude: „Lehrbuch der Optik“, Leipzig 1900, S. 352.

²⁾ Poincaré: „Electricité et Optique, la lumière et les théories électrodynamiques“, S. 500 f., Paris 1901.

nicht, d. h. ob die Punkte derselben in der Außenwelt, abgesehen vom Unterschiede des Außenweltsortes, alle gleich sind oder nicht.

Und da versteht es sich von selbst, daß jede Undulationstheorie des Lichts die Molekulartheorie fordert; das gilt auch von der elektromagnetischen Lichttheorie. Je sicherer daher die Undulationstheorien werden — und die elektromagnetische Schwingungstheorie scheint durch Hertz und seine Nachfolger einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gewonnen zu haben —, um so besser werden auch die Hypothesen über die Molekularstruktur durch sie gestützt. Nach Maxwells Theorie unterscheiden sich die Hertzschen Wellen von den Lichtwellen (und ebenso von den ultravioletten und den Wärmewellen) nur durch die größere Schwingungsdauer und damit durch die größere Wellenlänge. Die von Hertz erzeugten Wellen waren mehrere Meter lang; bei späteren Versuchen kam er auf solche von 60 cm. Righi und Lebedew berichten über Wellen von 7,5 cm und 0,6 cm, und Lampa stellte die kürzesten elektromagnetischen Wellen von 0,4 cm her. Dagegen sind die längsten Wärmewellen, die Rubens und Aschkinasch nachweisen konnten, $\frac{6}{100}$ mm lang¹⁾. Woher kommt diese Lücke? Zur Erzeugung Hertzscher Wellen ist ein Erreger nötig, und aus technischen und theoretischen Gründen kann dieser nicht viel kürzer gemacht werden als 1 mm. Die Hertzschen Erreger der Wärme-, Licht- und ultravioletten Wellen sind die ungemein viel kleineren Moleküle mit ihren elektrischen Ladungen, den Elektronen. Das Verhältnis der Dimensionen des künstlichen Erregers, eines schmalen Platinstreifchens von 1 mm Länge, zu der Größe eines Moleküls spiegelt sich in dem Verhältnis der Länge der kürzesten Hertzschen Wellen zu der Länge von Wärme-, Licht- und ultravioletten Wellen wieder. Die Rolle, die Körper von wahrnehmbarer Ausdehnung für die langen Hertzschen elektromagnetischen Wellen spielen, müssen den hypothetischen Molekeln für die kurzen elektromagnetischen Wellen, die Wärme- und Lichtwellen, zu-

¹⁾ Siehe E. Lecher: „Über die Entdeckung der elektrischen Wellen durch Heinrich Herz und die weitere Entwicklung dieses Gebietes“, Verhandlungen deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hamburg, Leipzig 1901, S. 27—43, zu obigem besonders S. 31.

geschrieben werden. So kann man die Verhältnisse, wie sie in der ultramikroskopischen Struktur der Materie vorliegen, gleichsam vergrößern, indem man für die langen Wellen entsprechend vergrößerte Bedingungen schafft. „Man kann dann eine optisch-elektrische Analogie oft in der Weise erzwingen, daß man den zu großen elektrischen Wellen größere, d. h. künstliche Moleküle entgegenstellt. Eigentlich ist ja jeder Resonator, der die einfallenden elektrischen Wellen absorbiert, schon ein Molekülmodell. So fand Garbasso Reflexion an Metallstreifen nur, wenn deren Schwingungsperiode mit der des Erregers übereinstimmte. Von sonstigen Versuchen mit künstlicher Nachahmung molekularer Eigenschaften sind wohl besonders nennenswert die über Polarisationserscheinungen. Auch hier ist Hertz mit seinem künstlichen Turmalin, dem Absorptionsgitter, vorausgegangen. Bose gelang es, mit einer Scheibe von Papierstreifen, wie sie beim Morseapparat gebraucht werden, das dunkle Kreuz eines optischen einachsigen Kristalles, und mittels eines Bündels gedrellter Jutefasern Drehung der Polarisationssebene nachzuahmen.“

„Noch interessanter erscheint aber die Auswertung dieser Ergebnisse Hertzscher Wellen durch rein optische Versuche. Hier haben wir wieder eine Art künstlicher Moleküle, welche wir aber jetzt nicht mit elektrischen, sondern mit Wärmestrahlen behandeln. Du Bois und Rubens verwendeten das Hertzsche Drahtgitter in Miniaturform zur Polarisation langer Wärmestrahlen, und später zeigten dann Rubens und Nichols Resonanzerscheinungen ihrer langen Wärmewellen an unendlich kleinen Resonatoren.“¹⁾

Die durch diese kurze Darstellung durch einen bekannten Forscher auf dem Gebiete der elektromagnetischen Wellen angedeuteten Experimente lassen erkennen, welche Stütze die Annahme einer inhomogenen Struktur in der neuen Lichttheorie findet. Es handelt sich um einen Analogieschluß von hervorragender Beweiskraft. Stoßen lange elektromagnetische Wellen auf Materie von dieser oder jener regelmäßigen inhomogenen Struktur, so treten bestimmte Erscheinungen auf. Stoßen kurze elektromagnetische Wellen, d. h. Wärme-, Licht-, ultraviolette Wellen,

¹⁾ E. Lecher, a. a. O., S. 32 und 33.

auf scheinbar homogene Materie, so treten die gleichen Erscheinungen auf. Man wird um so eher auch im zweiten Falle eine inhomogene Struktur erschließen, als die erschlossene Struktur der Natur der Sache nach unwahrnehmbar fein sein muß. Die Aussage, die Struktur sei eben zu fein, um wahrgenommen werden zu können, ist also nicht eine zur Ermöglichung des Analogieschlusses herbeigezogene Ausflucht, sondern ergibt sich aus der Natur der Sache. Der Schluß steht im Prinzip durchaus auf der gleichen Stufe, wie der auf die unsichtbaren Schwingungen eines hoch und schwach tönenden Körpers.

Gewiß wird niemand den Analogieschluß so weit ausdehnen, daß er in der scheinbar homogenen Materie einfach ein verkleinertes genaues Abbild der oben angedeuteten Einrichtungen, Gitter usw. erblicken will. Die gleiche Materie muß noch weitere Funktionen übernehmen, und daher muß ihre Struktur in diesem und jenem Punkte komplizierter sein, wie ja auch kompliziertere Vorrichtungen, Gitter usw. die gleichen Erscheinungen bei elektromagnetischen Wellen hervorzurufen ebenso geeignet sein würden, wie die einfacheren Mittel, deren man sich bedient.

In den Gittern usw. haben wir also vereinfachte, idealisierte Modelle der Struktur der Materie zu erblicken. In der Vereinfachung liegt ein fiktives Moment. Aber mir scheint es ganz verfehlt, wenn nun geschlossen wird, die ganze Annahme einer Struktur der Materie sei nichts als ein Bild, Bild im Sinne von Fiktion. Eine Fiktion erklärt nicht die auftretenden Erscheinungen, da sie ja zu diesen nichts beiträgt, da ja die Wirklichkeit ihr nicht entsprechen soll. Wir alle sehen in den Hypothesen, die das praktische Leben uns aufdrängt, mehr als Fiktionen, und der Erfolg bestätigt diese weitergehende Auffassung. Warum sollte es in der Wissenschaft anders sein? Analogien können zu Wahrheiten sehr wohl führen und tun dies um so mehr, je genauer sie sind. Wer wollte die Genauigkeit obiger Analogie bestreiten? Die unwahrnehmbare Struktur der Materie muß in vielen Punkten obigen Vorrichtungen analog sein; das fordert die Analogie. Natürlich kann sie in anderen, für den Effekt unwesentlichen Punkten anders sein; aber die Annahme einer wirklichen Homogenität ist mit der Analogie unverträglich.

Man pflegt in der Physik solche Vorrichtungen, wie die

oben erwähnten, als Modelle, also etwa der Molekularstruktur, zu bezeichnen. Darunter ist also zu verstehen, daß sie mit der Wirklichkeit in manchen Punkten, die hypothetisch sind, übereinstimmen, in anderen vielleicht nicht. Solche Modelle sind daher vielfach mehr als bloße Fiktionen.

Sie sind dann sicher nur Modelle, nicht Abbilder der Wirklichkeit im strengen Sinne, wenn sie nicht alle Erscheinungen wiedergeben, die wir in der Wirklichkeit finden. Aber auch dann brauchen sie nicht bloße Fiktionen zu sein; sie sind vielleicht nur unvollständig.

Gibt eine Hypothese aber Rechenschaft über alle beobachteten Erscheinungen, die in großer Zahl vorliegen, so ist es oft nicht nur sehr unwahrscheinlich, daß die ihr zugrunde liegende Vorstellung eine Fiktion ist, sondern es wird auch wahrscheinlich werden können, daß sie mehr ist als ein bloßes Modell mit teils zutreffenden, teils fiktiven Elementen. Wir werden glauben müssen, daß die Vorstellung mit allem, was in ihr enthalten ist, zu Recht besteht.

Viele naturwissenschaftliche Hypothesen sind dadurch fehlerhaft geworden, daß sie zu bestimmt waren, d. h. daß sie mehr aussagten, als durch die Erfahrungstatsachen und deren Erklärung gefordert war. Hätten die alten Anhänger der Wellentheorie des Lichtes allein die Aussage in ihre Hypothese aufgenommen, das Licht bestände in einer transversalen Wellenbewegung, so wäre die alte Hypothese in die neue elektromagnetische übergegangen, ohne daß ein Teil ihrer Annahmen hätte verworfen werden müssen. Sie wäre vollauf zu Recht bestehen geblieben; die Maxwellsche Theorie hätte allein gezeigt, daß die transversale Schwingung speziell eine elektromagnetische ist; sie hätte nur etwas Positives zur alten Auffassung hinzugefügt. Die alte Undulationstheorie ging indessen weiter; sie behauptete, daß die Lichtschwingungen speziell gewöhnliche elastische Schwingungen wären; sie mußte infolgedessen dem sie vermittelnden Medium, dem Lichtäther, eine Reihe von Eigenschaften zuschreiben, die mit Recht zu Bedenken Anlaß gaben. Mit dieser weiteren zur Erklärung der optischen Erscheinungen unnötigen Annahme hatte sie kein Glück; daher wurde der elektromagnetischen Lichttheorie neben der positiven auch eine negative Aufgabe. Die alte Licht-

theorie war nicht nur zu spezialisieren, auszubauen, ein Teil ihrer Annahmen war zu verwerfen, war falsch.

So würde man auch zu unzutreffenden Resultaten kommen können, wenn man die Struktur der erwähnten Vorrichtungen ohne weiteres für Vergrößerungen der Molekularstruktur halten wollte, die die gleichen Erscheinungen hervorbringt. Es sind eben viele Abänderungen der Struktur möglich, die doch dieselben Wirkungen hervorbringen. Man darf daher auch in diesem Falle die Hypothese nicht zu bestimmt machen, muß vielmehr mit den Annahmen nur so weit gehen, als die Erklärung der Tatsachen es fordert. Sie fordert aber eine inhomogene Struktur, mag diese im einzelnen von den Modellen noch so sehr abweichen.

Die neueren Anschauungen über die Elektrizität liefern weitere Gründe für die Molekulartheorie. Die mechanische Wärmetheorie führt die Vergrößerung des Volums bei Erwärmung nicht auf die Vergrößerung der Molekel, sondern auf die ihres Abstandes infolge intensiverer Bewegungen zurück. In einem Dielektrikum kann sich die Elektrizität nicht frei von Teilchen zu Teilchen bewegen, wohl aber muß eine freie Beweglichkeit auf den Molekeln angenommen werden, um die dielektrischen Wirkungen zu erklären. Befindet sich also zwischen den Platten eines Kondensators ein Dielektrikum, so ist die Wirkung so, als ob sich in dem Raume eine gewisse Zahl kleiner leitender Körper befände, die ihr Volum bei Druck und Temperaturänderungen unverändert beibehielten. Diese Körper bringen die Verstärkung der Kapazität des Kondensators hervor. Diese durch das Dielektrikum bzw. durch dessen Molekel bewirkte Vergrößerung der Kapazität muß durch das Verhältnis des von den kleinen leitenden Körpern ausgefüllten Raumes zum ganzen vom Dielektrikum ausgefüllten Raume bedingt sein. Heißt dies Verhältnis x , so ergibt die Überlegung für die Dielektrizitätskonstante den Wert:

$$K = \frac{1 + 2x}{1 - x},$$

oder:

$$x = \frac{K - 1}{K + 2}.$$

Heißt die Dichte des Isolators d , dann ist das spezifische Volum, das Volum von 1 g der Substanz, gleich $\frac{1}{d}$. Das Volum der in 1 g enthaltenen leitenden Körperchen ist nach obigem x mal so groß, also $\frac{x}{d}$. Dies Volum muß nach der Molekulartheorie unabhängig von Druck und Temperatur sein.

$$\frac{x}{d} = \frac{1}{d} \cdot \frac{K-1}{K+2} = R$$

muß demnach eine von Temperatur und Druck unabhängige Konstante sein. K , die Dielektrizitätskonstante, ist aber gleich dem Quadrate des Lichtbrechungsexponenten für die meisten Körper, für diejenigen vor allem, für welche die entsprechende magnetische Konstante gleich 1 ist, was für die Mehrzahl zutrifft. Nennen wir den Brechungsexponenten n , so ist $K = n^2$ und

$$R = \frac{1}{d} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}.$$

Die Erfahrung zeigt in der Tat, daß diese Größe, das spezifische Brechungsvermögen, in weiten Grenzen konstant ist, was also selbstverständlich ist vom Standpunkte der Molekulartheorie, dagegen bei der Annahme der Homogenität unerklärt bleibt¹⁾.

Solcher auffälligen Erfahrungen über die Konstanz von Größen, bei denen man diese ohne die Molekulartheorie gar nicht erwarten sollte, gibt es mehrere. Wir erinnern an die Unabhängigkeit der inneren Reibung von Gasen von der Dichte. Bei der Annahme einer homogenen Struktur der Gase bleibt die Tatsache ganz unverständlich und muß als ganz merkwürdiger Zufall gelten. Wird aber die Molekulartheorie der Gase, die kinetische Gastheorie, vorausgesetzt, so ergibt sich die Erscheinung ganz von selbst²⁾.

Daß die Gase eine diskontinuierliche Struktur haben und daß die ponderablen Elemente dieser Struktur große Entfernungen

¹⁾ Siehe Riecke, a. a. O., Bd. I, § 257 und Bd. II, § 447.

²⁾ Die Unabhängigkeit der inneren Reibung von der Dichte wurde von der Theorie vorhergesagt und dann durch die Erfahrung bestätigt. Es handelt sich also um ein schönes Beispiel einer Verifikation. Wie sehr durch solche Verifikationen die Wahrscheinlichkeit gehoben wird, haben wir im allgemeinen Kapitel über Hypothesenbildung auseinandergesetzt.

haben im Verhältnis zu ihren eigenen Dimensionen, wird schon durch den sehr kleinen Brechungsexponenten wahrscheinlich, der ihnen eigen ist. Ein Gas, wie unsere Luft, unterscheidet sich im physikalischen Verhalten sonst so sehr vom luftleeren Raume, daß die geringe Verschiedenheit zwischen Luft und luftleerem Raum in Bezug auf die Lichtgeschwindigkeit und Durchlässigkeit sehr auffällig erscheinen muß. Füllte ein Luftquantum seinen Raum homogen und kontinuierlich aus, so müßte eine Wellenbewegung in diesem Raum sich sehr verschieden verhalten von einer solchen in einem Raume, wo keine Luft vorhanden wäre, also nach physikalischer Auffassung im freien Äther. Der sehr geringe Einfluß der Luft und anderer Gase auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtwellen erscheint aber sehr klar, wenn man mit der Molekulartheorie der Gase annimmt, daß ein gaserfüllter Raum zum weitaus größten Volumeil leer ist, daß die in ihm enthaltenen Teilchen ponderabler Materie nur einen ganz kleinen Teil des Raumes füllen. Wie die Schallwellen durch die in der Luft suspendierten Staubteilchen, durch eine ganze Staubwolke fast ungehindert hindurchgehen, so geht das Licht durch die Staubwolke von Molekeln im Äther, wenn es ein Gas passiert.

Bei Gasen liegen überhaupt sehr viele Erscheinungen vor, die für die Molekulartheorie sprechen — eben weil der Bau dieser Materie am einfachsten, die Trennung der Teilchen nach der Hypothese am ausgeprägtesten ist —. Wir erwähnen noch die optischen Phänomene, die zu zeigen scheinen, daß wir in den Gasen „trübe Medien“ vor uns haben, im Raume verteilte Partikelchen, die bei der Bestrahlung zu Oszillatoren werden und polarisiertes Licht senkrecht zu den erregenden Strahlen aussenden.

Im sogenannten Goldrubinglas hat man eine sehr feine Verteilung von Goldkörnchen innerhalb des festen Glases vor sich, also einen Fall eines trüben Mediums. Wird dasselbe von einem Lichtstrahl getroffen, so senden senkrecht zu diesem Strahle die Goldkörnchen Lichtwellen aus, die polarisiert sind, und zwar geht die Polarisationssebene durch den einfallenden und den vom Körnchen ausgesandten Strahl. Die Theorie der Erscheinung ist im Prinzip sehr einfach. Durch das sie treffende Licht

werden die Körnchen zu kleinen Erregern elektromagnetischer Wellen; die Polarisierung des ausfallenden Lichtes versteht sich dann von selbst. Siedentopf und Zsigmondy ist es nun vor nicht langer Zeit gelungen, die strahlenden Teilchen im Goldrubinglas und in anderen flüssigen trüben Medien direkt einzeln zu sehen. Sie benutzten einen sehr kräftigen erregenden Lichtstrahl und beobachteten die Objekte durch das Mikroskop. Im Goldrubinglas sahen sie viele leuchtende Pünktchen, die ihren Ort beibehielten, in Flüssigkeiten dagegen waren die Sternchen in lebhafter Bewegung — die sogenannte Brownsche Molekularbewegung, d. h. durch die Stöße der Molekel erregte Bewegung, die Gouy als solche deutete.

Lord Rayleigh zeigte durch seine Rechnungen, daß das seitwärts von einem trüben Medium ausgestrahlte Licht um so schwächer wird, je feiner die trübenden Partikelchen verteilt sind. Ist die Materie, speziell die gasförmige, molekular aufgebaut, d. h. besteht auch sie aus sehr feinen Teilchen, so muß sie auch als trübes Medium wirken, d. h. seitwärts von der Bestrahlung polarisiertes Licht aussenden, allerdings um so schwächer, als die Moleküle ungemein klein sind. Tyndall sah die Erscheinung an völlig klarem Wasser; doch mögen hier vielleicht immer noch feine im Wasser suspendierte Fremdkörper für die Strahlung verantwortlich gemacht werden können. Dagegen haben wir in der blauen Färbung des Himmels¹⁾ eine Erscheinung, die auch bei klarster Luft mit solcher Intensität auftritt, daß sie nur zum kleinsten Teil auf in der Atmosphäre schwebende Teilchen zurückführbar ist²⁾. Die Umstände für die Entstehung

¹⁾ Tyndall hat die Erscheinung des blauen Himmels auch künstlich in einem mit Schwefelkohlenstoffdampf und seinen Zersetzungsprodukten gefüllten Rohre hervorgebracht.

²⁾ Auf Grund der Theorie des Phänomens von Lord Rayleigh haben dieser und W. Thomson unter der oben gemachten Annahme, daß die Mitwirkung von in der Luft suspendierten Fremdkörperchen an den klarsten Tagen verschwindend sei, aus Messungen der Intensität des Himmelslichtes die Zahl der Molekel im Kubikzentimeter berechnet und rund 24,7 Trillionen gefunden. Diese sogenannte Loschmidtsche Zahl läßt sich noch auf mehreren anderen Wegen berechnen. Die zuverlässigste Berechnung beruht auf der kinetischen Gastheorie und wurde von Loschmidt (Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1865, S. 395) zuerst durchgeführt. Sie ergibt etwa 21 Tril-

und Beobachtung der Erscheinung sind bei der unsere Erde umgebenden Atmosphäre die denkbar günstigsten. Als Lichtquelle dient die Sonne, die stärkste, die für uns in Betracht kommen kann. Die Schicht des Mediums ist ungemein dick, so daß die Wirkung sehr verstärkt wird, da eine Unzahl von als Oszillatoren funktionierenden Teilchen zusammenwirkt. Als Hintergrund hat man den abgesehen von den Gestirnen absolut dunkeln Hintergrund des leeren Weltraumes; Störungen der Erscheinung durch hinter der Atmosphäre liegende Lichtquellen kommen also nicht in Betracht. Das einzige Störende ist die Reflexion an der Erde, den Wolken usw.

In der Tat ist es nun seit langem bekannt, daß das vom blauen Himmel ausgesandte Licht polarisiert ist in einer Ebene, die durch die Sonne, den beobachteten Punkt und den Beobachter geht. Die Polarisation ist nahezu vollständig für Strahlen, die senkrecht auf den Strahlen der Sonne selbst, den erregenden Strahlen stehen. Man kann die der Drehung der Sonne entsprechende Drehung der Polarisationsebene sogar zur Zeitmessung benutzen, wie das durch Wheatstones Polaruhren geschieht. Kurz, die beschriebenen Erscheinungen (und einige Komplikationen derselben) sind ganz denen analog, die man an fein verteilten Stoffen beobachtet, bei denen die Struktur noch durch Vergrößerung direkt erwiesen werden konnte¹⁾.

Wir können von der geschilderten Erscheinung zu der Hypothese von dem Aufbau der Materie aus kleinen Teilchen also wieder durch einen ganz natürlich sich aufdrängenden Analogieschluß gelangen. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß auch quantitativ die Beobachtungen gut zu den hypothetischen Annahmen passen.

Es wäre nicht schwierig, die Argumente für die Molekular-
lionen. Auch die anderen Methoden geben Resultate, die so gut übereinstimmen, als man bei dem Charakter der zugrunde liegenden Beobachtungen und Schlüsse erwarten darf. Es ist klar, daß jene Übereinstimmung sehr die Annahme stützt, daß nicht suspendierte Fremdkörper, sondern die Molekel selbst die Oszillatoren sind, die das blaue Himmelslicht aussenden. Rührte die Wirkung in erster Linie von Fremdkörpern, Wasser-, Eis- oder Staubeilchen, so müßte die von Lord Rayleigh und Thomson berechnete Zahl sehr viel kleiner ausfallen.

¹⁾ Siehe W. Thomson, a. a. O., S. 154 f. und G. Mie, S. 65—67.

theorie und ihre Leistungen zu vermehren. Van der Waals leitete aus ihr seine Zustandsgleichung ab, die nicht nur für stark überhitzte Gase, sondern auch für beliebige Dämpfe und Flüssigkeiten und die Übergänge aus dem einen in den anderen Aggregatzustand gilt, die kritische Temperatur und den kritischen Druck gibt, alles mit weitgehender Genauigkeit. Solche Erfolge der Hypothese müssen ihren Feinden als sehr sonderbare Zufälligkeiten erscheinen. Sie sind in der Tat für die Auffassung ganz unverständlich, die in allen Hypothesen nur Fiktionen erblicken will. Die Vertreter derselben pflegen sich gegen solche Bedenken, die ihnen selbst kommen müssen, zu verteidigen, indem sie ausführen, es sei nichts Merkwürdiges, daß eine Vorstellung, die mehrere Seiten einer Sache wiedergibt, sich auch noch in einer weiteren Richtung der Sache anpaßt; das sei eine Erfahrung, die man auf Grund eines Analogieschlusses erwarten müsse. Verhalte sich etwas in den Punkten 1, 2, 3 wie eine Wellenbewegung, so könne man sich nicht wundern, daß das auch in Punkt 4 der Fall sei. Mir scheint dagegen, daß es schon wunderbar wäre, wenn sich etwas wie eine Wellenbewegung z. B. verhielte in Punkt 1, 2, 3, ohne doch eine solche zu sein, und ich würde es ganz unwahrscheinlich finden, daß die Übereinstimmung noch weiter ginge bis zu einem Punkte 4. Nähme ich an, daß keine Wellenbewegung vorläge, so würde ich vielmehr erwarten, daß in einem fernerem Punkte die Übereinstimmung mit der Wellenbewegung aufhören würde. Auf Grund von Fiktionen kann man nicht prophezeien wollen, wohl aber auf Grund von Hypothesen, die man für wahrscheinlich hält. Und bewährt sich eine Prophezeiung, so spricht das entschieden gegen den rein fiktiven Charakter der Vorstellungen, auf die sich die Voraussage gründete. Der Analogieschluß, auf Grund dessen die Gegner der Hypothesen prophezeien wollen, muß daher viel ungerechtfertigter erscheinen als der, welcher auf die Hypothesen führt. Der Schöpfer der Schwingungstheorie einer Erscheinung schließt: Die Erscheinung verhält sich in Punkt 1, 2, 3 wie eine Schwingung, wird also wohl in allen Punkten sich als Schwingung verhalten, eine Schwingung sein. Er darf also vorhersagen, daß in Punkt 4 auch die der Schwingung entsprechende Beobachtung sich ergibt.

Der Feind der Hypothese gibt nicht zu, daß es sich um eine Schwingung handelt, d. h. daß in allen Punkten Übereinstimmung mit den Merkmalen einer Schwingung besteht. Für ihn bleibt es also höchst überraschend, wenn die Beobachtung eine neue Übereinstimmung ergibt. Es kann ihm nicht einfallen, eine solche zu erschließen. Die Fiktion einer Schwingungsbewegung ändert nichts daran; denn sie hat keine Macht im Reiche der Tatsachen. Es bleibt also bei dem hohen Werte der Verifikationen, bei der prinzipiellen Möglichkeit, durch sie eine Hypothese sehr wahrscheinlich zu machen¹⁾.

Übersieht man die Stützen und Erfolge der Molekulartheorie in ihrer Gesamtheit, so wird man geneigt sein, W. Thomson zuzustimmen, wenn er sagt: „Die physikalische Wissenschaft liefert hinreichende Beweise, daß die letzte Struktur der Materie in hohem Grade heterogen ist²⁾. Jedenfalls sind die Gründe, die für sie sprechen, ganz der Art, wie die, welche im täglichen Leben eine Annahme aufdrängen und wahrscheinlich machen.

Es bleibt nun zu untersuchen, welche Schlüsse wir auf den besonderen Charakter der Struktur machen dürfen, was wir über die Elemente der Struktur und über den Aufbau der Materie aus ihnen mit genügender Wahrscheinlichkeit aussagen können.

Eine Frage von hervorragender Wichtigkeit ist vor anderen die, ob die Elemente der Struktur scheinbar homogener Körper gleich oder verschieden sind. Eine aus hinreichender Entfernung homogen erscheinende Mauer kann aus lauter gleichen Steinen, wie den Ziegeln, aufgebaut sein, aber auch aus Bruchsteinen von sehr verschiedener Größe und Form; vielleicht ist sie auch aus einem Teil roter und einem Teil gelber Steine zusammengesetzt, die auf einige Entfernung hin dem Ganzen eine Orange-färbung geben.

Alle diese Fälle kommen bei Strukturen vor, die bei mikroskopischer Betrachtung erkennbar sind. Man denke an den Aufbau von organischen Geweben, von Mineralien usw.

¹⁾ Eine Reihe von weiteren Leistungen der Molekulartheorie auf physikalischem Gebiete aus neuerer Zeit findet man angedeutet bei L. Boltzmann: Über die Entwicklung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit“, Versammlung der Naturforscher und Ärzte zu München 1899.

²⁾ A. a. O. S. 49.

Von vornherein ist klar, daß wir die Frage nach der Gleichheit oder Verschiedenheit der Strukturelemente nur unter Einschränkungen beantworten können. Wie dem Blinden ein schwarz angestrichener Ziegelstein sich nicht von einem weiß getünchten unterscheidet, so mögen auch die Strukturelemente, die sich uns in jeder Hinsicht gleich erweisen, doch in manchem verschieden sein. Es stünde nichts im Wege, daß es überhaupt zwei völlig gleiche Strukturelemente nicht gibt, wie es nach Leibniz nicht zwei völlig gleiche Monaden geben soll. Solche Fragen können sicher nicht auf Grund der naturwissenschaftlichen Erfahrung beantwortet werden, wenn sie überhaupt einer Beantwortung fähig sein sollten, die auf beachtenswerte Wahrscheinlichkeit Anspruch erheben dürfte. Zeigt aber die Naturwissenschaft eine weitgehende Übereinstimmung in den Wirkungen der Strukturelemente, so vermag sie wohl eine weitgehende Übereinstimmung dieser Strukturelemente in der Außenwelt wahrscheinlich zu machen. Nur der Schluß auf absolute Gleichheit ist mit dem empirischen Charakter der Naturwissenschaft unverträglich. Erkenne ich eine in der Dunkelheit homogen erscheinende Masse an ihrer Bewegung usw. als eine Herde, so kann ich daraus, daß immer dasselbe Brüllen hörbar wird, erschließen, daß die einzelnen Tiere alle „gleich“ sind, etwa alle Schafe sind. Dabei ist aber unter Gleichheit nicht absolute Gleichheit zu verstehen, sondern Gleichheit innerhalb gewisser Variationsgrenzen. In entsprechendem Sinne ist meines Erachtens die Behauptung der Gleichheit letzter Strukturelemente aufzufassen, handele es sich nun um Moleküle, Atome oder Elektronen.

Eine Reihe von Erscheinungen macht es nun in hohem Grade wahrscheinlich, daß wir durch physikalische Trennungsmittel zu Stoffen kommen können, deren Strukturelemente in obigem Sinne als gleich zu bezeichnen sind. Es handelt sich um die chemisch einheitlichen Körper, Verbindungen und Elemente, im Gegensatz zu den Gemischen, die aus Teilchen mehrerer chemisch einheitlicher Körper zusammengesetzt sind (wobei diese Teilchen Molekel sein können, wie bei Gasen, oder von größeren Dimensionen sind, wie etwa bei Gemischen pulverförmiger Stoffe).

Einen Hinweis auf die Gleichheit der Molekel haben wir darin zu finden, daß es uns nicht gelingt, aus einer Stoffmenge zwei

Stoffe mit verschiedenen Eigenschaften zu trennen¹⁾. So finden wir z. B. bei Quecksilberdampf eine Zerlegung in verschiedene Stoffe ganz unmöglich. Bestände Quecksilberdampf aus verschiedenen Teilchen, so würde diese Verschiedenheit doch wahrscheinlich benutzt werden können, einen Teil der Partikelchen mit besonderen Eigenschaften in einem Raume für sich abzusondern, etwa wie wir Eisenteilchen von Kohletheilchen trennen können durch einen Magneten, durch Schleudern und Schwemmen usw. Mischen wir zwei Gase, so gelingt eine derartige Trennung in der Tat durch Absorption, Diffusion, Kondensation usw. mehr oder weniger vollständig.

Als starke Stütze der Gleichheit der Molekel eines gasförmigen, chemisch einheitlichen Körpers kann man die Konstanz und Beschaffenheit der Gasspektren betrachten. Befänden sich im Natriumdampf Teilchen von allen möglichen Beschaffenheiten und Größen, so müßten im Zustande des Glühens auch Wellen von allen möglichen Längen ausgesandt werden, d. h. es wäre nicht möglich, daß das Spektrum aus der einfachen Doppellinie bestände. Bei anderen Gasen ist nun das Spektrum allerdings weniger einfach, immer aber doch diskontinuierlich mit bestimmten, festliegenden²⁾ Linien. Es sind dann also mehrere feste Wellängen in dem vom Gase ausgesandten Lichte vertreten. Damit ist aber immer noch ausgeschlossen, daß die Molekel alle möglichen, beliebigen, wechselnden Größen und Beschaffenheiten haben. Es wäre möglich, daß eine Reihe von verschiedenen Teilchen vorhanden wäre, die Gruppen von gleichen bildeten. Die Physik hat Gründe, die zahlreichen Linien zum Teil auf den Aufbau der Molekel aus den Atomen, zum Teil vielleicht auf den Aufbau der Atome aus noch kleineren Elementen, Elektronen etwa, zurückzuführen.

Sehr bedeutsam ist das Argument, welches sich aus den Tatsachen der Kristallographie ergibt. Bei der großen Mannig-

¹⁾ Ohne die Molekel zu spalten. Hier wird die Verwicklung, die durch den Aufbau der Molekel bedingt ist, mit Absicht noch nicht in Betracht gezogen.

²⁾ Das ist natürlich mit den nötigen Einschränkungen zu nehmen. Temperatur- und Druckveränderungen, Bewegungen, magnetische Kräfte usw. können gewisse Veränderungen bedingen.

faltigkeit der Kristallformen muß es überraschen, daß keine einzige Form mit einer fünf-, sieben-, acht- oder neunfachen Symmetrieachse existiert. Diese Formen sind nun in der Tat unmöglich, wenn die Kristalle aus lauter gleichen und gleich wirkenden Teilchen aufgebaut sind. Beim Aufbau eines Körpers aus gleichen Teilchen, von denen jedes auf die benachbarten nach denselben Gesetzen wirkt, ergeben sich als allein möglich gerade alle jene Arten von Symmetrie, die wir bei den Kristallen finden. Man versuche einmal, die Wahrscheinlichkeit abzuschätzen, daß dieses Zusammentreffen Zufall sei! Wir müssen demnach annehmen, daß die Molekel eines chemisch einheitlichen Stoffes alle gleich sind, da die chemisch einheitlichen Körper fast alle kristallisieren unter geeigneten Bedingungen¹⁾.

Auf eine Vorführung weiteren Materials aus dem Tatsachengebiet der Physik glaube ich mit Rücksicht auf den Zweck dieser Darlegungen verzichten zu dürfen; es ist unschwer zu finden. Ich tue das um so eher, als die chemische Molekular- und Atomtheorie weitere Gründe von großer Beweiskraft liefern, auf die noch kurz einzugehen ist.

Als passende Einführung in die Grundgedanken und Voraussetzungen dessen, was wir als chemische Molekular- und Atomtheorie bezeichneten, soll indessen aus dem Gebiete der Physik noch die Auffassung beleuchtet werden, die die Molekulartheorie in ihrer Anwendung auf die Verschiedenheit der Aggregatzustände bietet. Quecksilber in flüssigem und in gasförmigem Zustande sind zwei Körper, die sich in vieler Hinsicht ungemein verschieden verhalten. Die zu besprechende Hypothese schiebt den ganzen Komplex von Verschiedenheiten auf die verschiedene Art, in der die Quecksilbermolekel die Flüssigkeit oder das Gas aufbauen, dagegen betrachtet sie die Bausteine, die Molekel, in den verschiedenen Aggregatzuständen als gleich²⁾.

Wie bereits angedeutet wurde, sind die Eigenschaften eines Körpers einerseits bedingt durch die seiner Molekel, andererseits durch die Art, wie aus den Molekeln der Körper aufgebaut ist

¹⁾ Vergl. hierzu die kurze Darstellung bei G. Mie, a. a. O. S. 28—30.

²⁾ Auch hier ergeben sich bei genauerer Betrachtung oft Verwicklungen, indem bei festen Körpern größere, kompliziertere Moleküle anzunehmen sind, Dissoziationen vorkommen usw.

— genau wie die Beschaffenheit einer Mauer von der der Steine auf der einen, von der Art der Zusammenfügung auf der anderen Seite bedingt ist. Es fragt sich nun, welche Eigenschaften eines Körpers auf Rechnung der Eigenschaften seiner Molekel, welche auf die der besonderen Art des Aufbaues kommen. Dabei versteht sich von selbst, daß die Art des Aufbaues mit bedingt ist durch die Eigenschaften der Molekel, wie der Aufbau einer Mauer bedingt wird durch die Beschaffenheit der Bausteine; aber diese Bedingtheit ist kein Bestimmtheitsein. Die gleichen Molekel können immerhin in verschiedener Weise Körper bilden, wie die gleichen Ziegel in verschiedener, mehr oder weniger fester Art zusammengefügt werden können.

Wir wollen uns ein Gefäß vorstellen, in dem durch ein Schaufelrad eine lebhafte Bewegung der Luft hervorgebracht werden kann. Auf dem Boden des Gefäßes befinde sich eine Anhäufung eines feinen leichten Staubes. Dieser Staubhaufen hat scharf begrenzte Konturen, die nicht mit denen des Gefäßes zusammenfallen; er läßt kein Licht durch, ist wenig kompressibel, vielleicht ein guter Leiter der Elektrizität, der Wärme. Nun setzen wir unser Schaufelrad in eine allmählich schneller werdende Bewegung. Der Staubhaufen wird kleiner und kleiner und verschwindet schließlich ganz. Dafür ist nun unser Gefäß mit einer Staubwolke gefüllt, die eine Reihe ganz anderer Eigenschaften hat. Sie hat keine eigenen Begrenzungsflächen, die nicht mit denen des Gefäßes zusammenfielen, sie läßt Licht durch, ist sehr kompressibel, leitet Wärme und Elektrizität weit schlechter usw.

Andere Eigenschaften haben der Staubhaufen und die Staubwolke gemeinsam. Beide haben dieselbe träge Masse, werden von der Erde gleich stark angezogen; das chemische Verhalten ist ähnlich, wenn auch nicht gleich. Ist etwa der Staubhaufen brennbar, so gilt das auch von der Staubwolke, nur erfolgt im letzteren Falle die Verbrennung schneller, unter einer Licht- und Flammenerscheinung, während sie vielleicht im Staubhaufen sich als ein fortschreitendes Glühen vollzieht.

Läßt die Rotation des Schaufelrades allmählich nach, so sammelt sich am Boden wieder die undurchsichtige Staubmasse nach und nach an, die wir anfangs vor uns sahen.

Durch solche Erfahrungen wird die molekulartheoretische

Auffassung der Aggregatzustände nahegelegt. Verdampft eine Substanz, so verschwindet Materie mit eigenen scharfen Begrenzungsflächen, die eventuell wenig oder kein Licht durchläßt, gut Wärme und Elektrizität leitet, schwer kompressibel ist. Dafür entsteht ein Dampf, der keine eigenen Begrenzungsflächen hat, Licht durchläßt, Wärme und Elektrizität schlecht leitet.

Hat so der Dampf eine Reihe von Eigenschaften, die mit denen seiner Flüssigkeit nichts gemein haben, so stehen diesen andere gegenüber, die nicht oder weniger variabel sind. Träge Materie und Gewicht, d. h. Anziehung durch die Erde, sind ganz konstant geblieben. Auch die chemischen Eigenschaften des Dampfes pflegen nur wenig verändert zu sein, nur die Intensität der Verbrennungserscheinungen etwa ist bei Gasen größer. In allen diesen Beziehungen verhält sich der Dampf analog der Staubwolke, die Flüssigkeit (oder auch der sublimierende feste Körper) analog dem angehäuften Staube.

Tritt nach der Verdampfung Abkühlung ein, so verschwindet der Dampf und die Flüssigkeit kommt wieder zum Vorschein.

Die einfachen Beobachtungen an dem Staubhaufen und der Staubwolke zeigen, daß die starken Veränderungen einer Reihe von Eigenschaften, wie wir sie etwa bei der Verdampfung vor uns sehen, in der Tat auf Änderungen der Struktur zurückführbar sind, ohne daß die Teilchen sich zu ändern brauchen. Kein Mensch zweifelt daran, daß in dem stauberfüllten Gefäß die Staubteilchen dieselben bleiben während der starken Veränderung, die sich vor unseren Augen abspielt, daß allein die Struktur der Staubwolke diese vom Staubhaufen unterscheidet. In der ersteren sind die Teilchen in viel größerer Entfernung, in schneller Bewegung im Gegensatz zu den Teilchen des Staubhaufens. Warum sollte es sich bei der Verschiedenheit von Flüssigkeit und Dampf nicht ebenso verhalten?

Jene Eigenschaften, die den verschiedenen Aggregatzuständen gemeinsam sind, werden vermutlich zum größten Teil den Partikelchen selbst zuzuschreiben sein, wie Trägheit, Gravitation, chemische Verbindungsfähigkeit. Diejenigen, die für die verschiedenen Aggregatzustände ganz verschieden sind, kommen wahrscheinlich in der Hauptsache auf Rechnung des Aufbaues, der Struktur, wie das Verhalten gegen Druck z. B. Andere

Eigenschaften sind natürlich ebenso durch die Eigenart der Molekel, wie durch die Struktur, den Aufbau bedingt, wie die Wellenlängen des ausgesandten Lichtes, das Spektrum. Das Spektrum eines Stoffes ist abhängig von der Eigenart der Molekel beim Stoffe in Dampfform, aber auch von der Struktur; denn während der Stoff in Dampfform ein diskontinuierliches Spektrum gibt, liefert er im festen Zustande stets ein kontinuierliches Spektrum. Diese Verschiedenheit stimmt auf das beste mit der von der molekulartheoretischen Auffassung anzunehmenden Verschiedenheit des Dampfes von seinem festen Stoffe. Im Dampfe sind die Teilchen weit genug auseinander, um sich wenig oder fast nicht in ihren Eigenschaften als mehr oder wenig einfache Erreger Hertzscher Wellen zu beeinflussen und zu stören. Im festen Körper aber sind die Teilchen so nahe, daß die Störungen ganz die Oberhand gewinnen, und nicht mehr die den Molekeln eigenen Schwingungen, sondern alle möglichen anderen zur Entstehung kommen.

Wir wollen es bei diesen Andeutungen lassen, ohne weitere Argumente für die molekulartheoretische Auffassung der Verschiedenheit der Aggregatzustände ins Feld zu führen. Nur eins möge noch erwähnt werden: van der Waals Darlegungen über die Kontinuität des dampfförmigen und flüssigen Zustandes. Diese in so weiten Grenzen mit der Beobachtung harmonisierenden Ableitungen beruhen auf der molekulartheoretischen Annahme, daß die Teilchen in Dampf und Flüssigkeit dieselben sind, daß aber der Aufbau, vor allem die Entfernungen und Bewegungen der Teilchen die Verschiedenheit bedingen. Unter gewissen Umständen verblässen und verschwinden überhaupt die Unterschiede zwischen dem flüssigen und dem dampfförmigen Zustand¹⁾. Die Theorie gibt von allen diesen Besonderheiten der Zustandsänderungen Rechenschaft.

Steht einmal die Hypothese fest, daß sowohl Gase wie Flüssigkeiten eine molekulare, körnige Struktur haben, und überdies, daß die Teilchen bei Gasen besonders große Entfernungen haben, so ergibt sich die Annahme fast von selbst, daß eine

¹⁾ Genau wie die Unterschiede zwischen Staubhaufen und -wolke in engen Gefäße.

Flüssigkeit und ihr Dampf aus denselben Teilchen aufgebaut sind. Der Schluß ist in der Tat von demselben Charakter wie der, welcher uns glauben macht, daß die erwähnte Staubwolke und der Staubhaufen aus den gleichen Teilchen bestehen.

Als Vorbereitung auf die als chemische Molekular- und Atomtheorie bezeichnete Auffassung eignet sich die Molekulartheorie der Aggregatzustände dadurch, daß sie zeigt, wie stark die Eigenschaften eines Stoffes durch die Art des Aufbaues aus den Teilchen bedingt sind. Eine solche starke Bedingtheit ist aber die wesentlichste Voraussetzung der chemischen Hypothesen, an die wir nun herantreten. Eine Mischung von Eisenpulver und Schwefelpulver hat eine Reihe ganz anderer Eigenschaften als das Schwefeleisen, das bei genügender Erwärmung aus der Mischung entsteht. Und doch unterscheiden sich die Mischung und das Schwefeleisen nach der Auffassung, die wir nun betrachten, allein durch die Art des Aufbaues aus den Teilchen, durch die Struktur. Beides, die Mischung und die chemische Verbindung, sollen aus den gleichen Teilchen, Eisenatomen und Schwefelatomen bestehen, nur sollen in der Mischung immer zahlreiche Eisenatome einerseits, zahlreiche Schwefelatome andererseits näher aneinanderliegen, während in der Verbindung Eisenteilchen und Schwefelteilchen in engeren Zusammenhang gebracht sind.

Wir haben gesehen, daß starke Änderungen der Eigenschaften lediglich infolge von Strukturänderungen nicht unerhört sind, sondern durch Vorgänge unter unseren Augen als wohl möglich erwiesen werden. Wir werden uns also nicht wundern, solche Änderungen bei der chemischen Verbindung in obigem Beispiel sich vollziehen zu sehen. Man kann in Bezug auf das physikalische Verhalten kaum sagen, daß sich obige Mischung von Schwefeleisen mehr unterscheidet als eine Staubwolke von einem Staubhaufen, oder als Quecksilberdampf von Quecksilber. Indessen fanden wir beim Aufwehen des Staubes wie bei der Änderung des Aggregatzustandes auch Eigenschaften, die unverändert bestehen blieben. Es waren vor allen anderen aber zwei, die träge Masse und die Erdanziehung, das Gewicht. Für die vorliegende Hypothese, daß die Umwandlung der Mischung in eine chemische Verbindung lediglich eine Strukturänderung sei, ist

es natürlich sehr bedeutungsvoll, daß diese Größen auch bei jener Umwandlung ganz konstant bleiben.

Betrachten wir nun einmal den Vorgang bei einer chemischen Verbindung zweier elementarer Gase etwa, die wir A und B nennen wollen. Beide Gase haben eine ultramikroskopisch feine Struktur. Ferner ergab sich uns schon, daß die Strukturelemente chemisch einheitlicher Stoffe gleich sein müssen. Denn chemisch einheitlich sind solche Körper, die durch mechanische Prozesse, wie Auslesen, Schlemmen, Filtrieren, Diffundieren usw. nicht mehr in verschiedene Stoffe teilbar sind. Wären die Strukturelemente von einem Gase, von A etwa, nicht untereinander gleich, so müßten sie z. B. verschieden schnell diffundieren. Durch Diffusion wäre A in zwei Gase A_1 und A_2 zerlegbar, die vielleicht aus größeren und kleineren Strukturelementen beständen. Beide Gase würden sich auch physikalisch unterscheiden, z. B. eben durch ihre Diffusionsgeschwindigkeiten.

Halten wir an diesen Voraussetzungen fest, die durch die physikalischen Grundlagen der Molekularhypothese wahrscheinlich gemacht werden, so ergibt sich über den chemischen Prozeß der Verbindung von A und B folgendes.

Zunächst muß die chemische Verbindung in einer Verknüpfung der Strukturelemente bestehen. Denn sonst wäre nicht einzusehen, worin der durchgreifende Unterschied einer Mischung gegenüber bestehen sollte.

Machen wir einmal diese Annahme, die sehr nahe liegt. Dann sind verschiedene Fälle möglich. Entweder verknüpft sich je ein Strukturelement von A mit einem von B, oder es treten mehrere Strukturelemente von A und B in Verknüpfung. Im ersteren Falle sei die Verbindung durch die Formel AB , im letzteren, allgemeinen durch A_nB_m symbolisiert. Vielleicht bleiben auch noch unverbundene Teile von A und B zurück.

Das Resultat des chemischen Prozesses ist demnach entweder ein chemisch einheitlicher Körper von der Formel A_nB_m — im einfachsten Falle AB — oder ein Gemisch von verschiedenen Stoffen, die alle unter die Formel A_nB_m fallen, wobei n oder m auch Null sein können. Durch mechanische Mittel sind wir imstande, die einheitlichen Stoffe aus diesem Gemische zu gewinnen. Wir denken uns den Trennungsvorgang der verschiedenen Ver-

bindungen vollzogen und betrachten einen bestimmten der Stoffe $A_n B_m$, etwa $A_2 B_3$. Das Gewicht des Strukturelementes von $A_2 B_3$ beträgt das Doppelte des Gewichtes des Elementes von A, vermehrt um das Dreifache von B. In größeren Mengen von $A_2 B_3$ ist die Zusammensetzung prozentual dieselbe wie im Strukturelement. Verhalten sich die Gewichte der Strukturelemente von A und B wie a und b, so sind demnach allgemein die prozentualen Mengen von A und B in der Verbindung $A_n B_m$ in dem Verhältnis $na : mb$ vorhanden. Hierbei sind n und m stets ganze Zahlen.

Jedes Element hat eine durch das (relative) Gewicht seines Strukturelementes gegebene charakteristische Zahl, die man als Atomgewicht bezeichnet. Es ergibt sich also der Satz: Die Elemente verbinden sich miteinander zu chemisch einfachen Stoffen nicht in beliebigen Verhältnissen, sondern nur im Verhältnis der Atom- oder Verbindungsgewichte, oder ganzzahliger Multiplen dieser Größen. So existieren folgende Stickstoff-Sauerstoffverbindungen, deren verhältnismäßige Zusammensetzungen durch die hinzugefügten Zahlen angegeben sind:

	Stickoxydul	Stickoxyd	Stickstofftrioxyd
Stickstoff:	2 · 14	2 · 14	2 · 14
Sauerstoff:	16	2 · 16	3 · 16
	Stickstofftetroxyd	Stickstoffpentoxyd	
Stickstoff:	2 · 14	2 · 14	
Sauerstoff:	4 · 16	5 · 16.	

Aus der Annahme, daß Elemente aus gleichen Strukturteilen aufgebaut sind, und der Voraussetzung, daß Verbindungen durch die Verknüpfung von Strukturelementen entstehen, ergibt sich das wichtigste quantitative Grundgesetz der Chemie, zu dem Dalton in den Jahren 1807/8 gelangte.

Dalton selbst führte das von ihm entdeckte Gesetz der multiplen Proportionen in seinem „New System of chemical Philosophy“ (1808) auf eine atomistische Konstitution der Materie zurück. Durch ihn wurde die atomistische Theorie zur Grundlage der theoretischen Chemie. In der Tat gelingt es auf keinem anderen Wege, jenes Gesetz mit seinen unendlich vielen und mannigfaltigen Bestätigungen zu erklären. Würden sich Stickstoff und Sauerstoff nur in einer Verbindung vereinigt finden,

so würde es noch nicht so sehr auf die atomistische Theorie hindeuten, wenn in dieser einen Verbindung bestimmte Gewichtsverhältnisse herrschten. Daß aber immer wieder dasselbe relative Sauerstoffquantum hinzutritt in den weiteren Verbindungen, weist auf einen atomistischen Aufbau deutlich hin.

Auch die folgende Tatsache ist mir immer besonders gewichtig erschienen. In der Verbindung NaOH kommen auf 1 Teil Wasserstoff 23 Teile Natrium. In der Verbindung HCl kommen auf 1 Teil Wasserstoff 35,5 Teile Chlor. Beide Gesetzmäßigkeiten drängen nicht so sehr für sich zur Bildung der atomistischen Theorie, als in Verbindung mit folgender dritten Gesetzmäßigkeit: In der Verbindung NaCl kommen auf 23 Teile Natrium wieder 35,5 Teile Chlor. Die Verhältniszahlen gelten also nicht nur für eine Verbindung, sondern für alle, in denen dieselben Stoffe wiederkehren. Diese überaus merkwürdige Tatsache ist ohne Atomtheorie ganz unverständlich, bei Annahme dieser Auffassung aber selbstverständlich, weil eben die gleichen Atome mit ihren konstanten Gewichten in die verschiedenen Verbindungen eintreten.

Die Annahme einer Struktur scheinbar homogener Stoffe hat in der Form, die ihr als Erklärungshypothese des Daltonschen Satzes zu geben ist, mannigfache Stützen auf physikalischem und chemischem Gebiete gefunden. Hier soll an die Beziehungen zwischen Molekulargewicht und Dampfdichte, zwischen Atomgewicht und spezifischer Wärme usw. nur erinnert werden.

Die Erfahrungen der Chemie sind es, welche genaueren Aufschluß über die Strukturelemente der Materie zunächst ergeben. Sie haben gelehrt, daß es 80—100 verschiedene Atome gibt. Diese Atome sind jedoch nur bei einigen wenigen Metallen direkt als Strukturelemente zu betrachten, auf die fortgesetzte mechanische Teilung stoßen würde. Bei fast allen Stoffen, einschließlich der Elemente, bilden Atomkomplexe die Bausteine. Die Komplexe enthalten zwei oder mehr Atome. Bei den meisten Stoffen ist die Zahl der Atome im Atomkomplex, im Molekel, klein; bei manchen organischen Verbindungen, z. B. bei den Eiweißkörpern, ist sie ziemlich groß. Über die Art der Atomverknüpfung ergeben sich auch mancherlei Aufschlüsse. Man vermag zu sagen, an welches Atom ein anderes oder ein Atomkomplex gebunden

ist. Die Art der Bindung, der Ort, wo sich Atome oder Atomgruppen im Molekül ansetzen, spiegeln sich im chemischen und physikalischen Verhalten, z. B. in der Drehung der Polarisations-ebene. So vermögen Physik und Chemie zusammenzuwirken bei der Arbeit, die Molekularstrukturen zu erforschen. Immer aber sind die Schlußweisen, die zur Anwendung kommen, die gleichen, denen wir im täglichen Leben Vertrauen schenken, weil sie mehr oder weniger wahrscheinliche Erkenntnisse zu geben vermögen. Es ist in den meisten Fällen leicht, den chemisch-physikalischen Schlüssen ganz entsprechende Schlußweisen aus dem praktischen Denken zur Seite zu stellen. Wir haben solche Vergleiche im Anfange dieses Kapitels ausgeführt. Prinzipiell Neues würde eine weitere Durchführung nicht ergeben. Wir können daher auf eine solche Verzicht leisten.

Wenn man bedenkt, wie nahe die wenigen Grundannahmen der Molekular- und Atomtheorie liegen, wenn man ferner berücksichtigt, einem wie großen chemisch-physikalischen Tatsachenmaterial sie gerecht werden, wie zahlreiche neue Erscheinungen durch sie erklärt worden sind, wie endlich alle die Teilgebiete und Einzelausbildungen der Hypothese untereinander harmonieren, so wird man ihr eine hohe Wahrscheinlichkeit nicht absprechen können.

Die Erfolglosigkeit der Versuche, die Elemente zu zerlegen oder ineinander umzuwandeln, hat zuweilen Chemiker zu der voreiligen Behauptung verleitet, die Atome seien absolut unteilbar, wie es die griechischen Atomisten meinten. Vorsichtige Chemiker haben demgegenüber immer wieder die nur relative Unteilbarkeit betont.

Prout vermutete, alle Elemente beständen aus Wasserstoff und ihre Atome seien nichts als Systeme von Wasserstoffatomen (1815). Alle Atomgewichte müßten demnach ganze Vielfache vom Atomgewicht des Wasserstoffes sein, also ganze Zahlen, wenn man in der üblichen Weise das Atomgewicht des Wasserstoffes 1 setzt. Berzelius machte sehr bald darauf aufmerksam, daß die Prout'sche Annahme für Blei nicht stimme. Durch genauere Atomgewichtsbestimmungen durch Stas wurde die Prout'sche Hypothese endgültig widerlegt.

Indessen ergaben sich neue Resultate, die die Frage nach

einem Aufbau der Atome lebendig erhielten. Die Atomgewichte einer Reihe von chemisch und physikalisch verwandten Elementen stehen in ähnlichen Beziehungen, wie die Molekulargewichte mancher Reihen von Kohlenstoffverbindungen, die ebenfalls physikalische und chemische Analogien zeigen. Z. B.¹⁾:

Atome	Molekel	Radikale
Li = 7	Methylalkohol $\text{CH}_4\text{O} = 32$	Methyl $\text{CH}_3 = 15$
Diff. = 16	Diff. = $\text{CH}_2 = 14$	Diff. = $\text{CH}_2 = 14$
Na = 23	Äthylalkohol $\text{C}_2\text{H}_5\text{O} = 46$	Äthyl $\text{C}_2\text{H}_5 = 29$
Diff. = 16	Diff. = $\text{CH}_2 = 14$	Diff. = $\text{CH}_2 = 14$
K = 39	Propylalkohol $\text{C}_3\text{H}_7\text{O} = 60$	Propyl $\text{C}_3\text{H}_7 = 43$

Solche Atomgewichtsregelmäßigkeiten führten schließlich zum periodischen System der Elemente von L. Meyer und Mendelejeff, welchem sich außer den Atomgewichten zahlreiche chemische und physikalische Eigenschaften einordneten, wie Wertigkeit, Atomvolum, Dehnbarkeit, Schmelzpunkt, spezifische Wärme, Brechungsvermögen usw. Auf Grund dieses Systems gelang es, die Existenz und physikalische und chemische Eigenschaften noch unentdeckter Elemente vorauszusagen. Diese Voraussagen haben sich oft vorzüglich bestätigt.

Es ist klar, daß solche Erfahrungen auf einen Aufbau der Atome aus einer oder mehreren gemeinsamen Grundsubstanzen hindeuten mußten. Jedoch gelang es zunächst nicht, hypothetische Einblicke in diesen Aufbau zu tun.

Die Hypothese vom atomistischen Aufbau der Elektrizität, die Elektronentheorie beginnt, auch über die Konstitution der Atome Licht zu verbreiten. Wir müssen uns damit begnügen, die Art und Weise kurz anzudeuten, in der diese in den letzten beiden Jahrzehnten geschaffene Hypothese den Bau der Atome auffaßt. In der Begründung können nur die Hauptpunkte gestreift werden.

Weber hatte bereits im Jahre 1871 eine atomistische Struktur der Elektrizität angenommen, um die Wechselwirkungen zwischen

¹⁾ Siehe Polis: Grundzüge der theoretischen Chemie, Aachen 1887, oder andere Lehrbücher der theoretischen oder organischen Chemie.

elektrischen Strömen zu erklären. Doch blieben seine Annahmen ziemlich wirkungslos, weil die Resultate, zu denen er gelangte, nicht einwandfrei waren, auch weitere wenig zusagende Voraussetzungen seine Auffassung komplizierten.

Als eigentlicher Vater der Elektronentheorie hat Helmholtz zu gelten, der 1881 zeigte, daß Faradays elektrolytische Grundgesetze zur Annahme elektrischer Elementarmengen führen, die einer gesonderten Existenz wenigstens auf kurze Zeit fähig sind. Das erste Faradaysche Gesetz sagt aus, daß bei der Elektrolyse Stromstärke und Menge des zersetzten Elektrolyten proportional sind; das zweite Faradaysche Gesetz lautet: Derselbe Strom zersetzt beim Durchgang durch verschiedene Elektrolyte chemisch äquivalente Mengen. Aus beiden Gesetzen folgt, daß jedes im Elektrolyten unter dem Einfluß des Stromes wandernde einwertige Ion, sei es Atom oder Radikal, stets die gleiche Elektrizitätsmenge zur Elektrode transportiert, jedes zwei-, drei-, oder vierwertige die zwei-, drei- oder vierfache Elektrizitätsmenge, ganz unabhängig von der Natur des Elektrolyten. Da bei der Abgabe dieser Menge vom Ion an die Elektrode dieselbe wenigstens einen Augenblick isoliert existieren muß, gibt es getrennt existierende elektrische Elementarquanta. Alle einwertigen Ionen geben das gleiche kleinste Elektrizitätsquantum, die zweiwertigen zweimal dieses Quantum usw.

Zu einer genaueren Kenntnis getrennt existierender sehr kleiner Elektrizitätsmengen gelangte man durch das Studium der Kathodenstrahlen verschiedenen Ursprungs. Diese gehen zunächst senkrecht von der Kathode der Crookeschen Röhren aus. Eine Crookesche Röhre ist ein mit stark verdünnter Luft gefülltes Glasgefäß, in das zwei Elektroden münden, die mit den Polen einer hochgespannten Stromquelle verbunden werden.

Durch eine dünne Aluminiumfolie treten so erzeugte Kathodenstrahlen aus der Röhre in die umgebende Luft von gewöhnlicher Dichte. Die austretenden Kathodenstrahlen heißen Lenard-Strahlen.

Von erwärmten Elektrolyten, die man als Elektroden benutzt, gehen Kathodenstrahlen aus.

Ebenso senden weißglühende Metalldrähte und Kohle Kathodenstrahlen aus.

Ultraviolettes Licht, das eine Kathode trifft, erregt diese zur Strahlenbildung.

Endlich senden radioaktive Substanzen Kathodenstrahlen neben anderen Strahlenarten aus.

Man hält die Kathodenstrahlen jetzt für Ströme schnell beweglicher, kleiner, negativelektrisch geladener Teilchen. Die elektrische Ladung, die die Strahlen mit sich führen, wies 1895 J. Perrin nach, indem er sie in einem mit einem Elektroskop verbundenen Faradayschen Käfig auffing. Zwei einander kreuzende Ströme von Kathodenstrahlen stören einander ebensowenig, wie etwa zwei Ströme von Flintenkugeln, die von in einem Winkel zueinander feuernden Abteilungen Soldaten ausgesandt werden. Dadurch wird nahegelegt, daß die Kathodenstrahlen aus kleinen getrennten Teilchen bestehen, nicht aus einem homogenen Strom. Durch die durch jene Teilchen in feuchter Luft veranlaßte Nebelbildung, bei der jedes geladene Teilchen Kern eines Nebeltröpfchens wird, ist man sogar in Stand gesetzt, die Zahl derselben festzustellen. Sind aber die Kathodenstrahlen Ströme elektrisch geladener Teilchen, so müssen sie im homogenen elektrischen Felde eine parabolische Ablenkung in der Ebene des Strahles und der Kraftlinien erfahren. Ferner müssen sie in einem homogenen magnetischen Felde zu Kreisen umgebogen werden, um die Kraftlinien des Feldes als Achse. Bei allen Arten von Kathodenstrahlen werden beide Erscheinungen beobachtet.

Die elektrische und die magnetische Ablenkung geben Mittel zu einer quantitativen Untersuchung der Strahlen, bzw. der sie bildenden Teilchen, an die Hand. Bei bekannter Intensität der ablenkenden elektrischen und magnetischen Felder ist die Größe der Ablenkung durch zwei Daten bestimmt, durch die Geschwindigkeit der Teilchen und durch das Verhältnis ihrer Ladung zu ihrer Masse. Mißt man die Größe der elektrischen und der magnetischen Ablenkung bei einer bestimmten Intensität der ablenkenden Felder, so erhält man zwei verschiedene Gleichungen, in denen als Unbekannte jene Geschwindigkeit und jenes Verhältnis stehen. Beide Größen können also berechnet werden. Des Condres und Wiechert haben übrigens die Geschwindigkeit auf direktem Wege festzustellen vermocht. Sie ist von der

Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit. Bei den schnellsten vom Radium ausgesandten Kathodenstrahlen nähert sie sich der Lichtgeschwindigkeit, also 300000 km in der Sekunde.

Berechnet man das Verhältnis von Ladung und Masse bei einem Wasserstoffion, wie es bei der Elektrolyse auftritt, so ergibt sich ein ganz bedeutend kleinerer Wert, als bei den Teilchen der Kathodenstrahlen. Setzt man voraus, daß geladenes Wasserstoffatom und Kathodenstrahlenteilchen die gleiche Ladung haben, so ergibt sich die Masse jener Teile bedeutend, etwa 1000 bis 2000mal kleiner als die eines Wasserstoffatoms.

Jene Voraussetzung der gleichen Ladung scheint in der Tat zutreffend zu sein. Wie schon erwähnt wurde, ist man imstande, die Zahl der elektrischen Teilchen vermöge ihrer Eigenschaft, Kerne von Nebeltröpfchen zu werden, festzustellen. Ferner kann man die Ladung einer so festgestellten Zahl von Teilchen durch elektrisch geladene Platten abfangen und auf diese Weise feststellen. Hat man Zahl und Ladung einer Menge von Teilchen, so ist damit die Ladung eines Teilchens gegeben. Kennt man Ladung und Verhältnis von Ladung und Masse, so ist die Masse ebenfalls bekannt.

Es ergibt sich also die Ladung eines Kathodenstrahlteilchens wahrscheinlich gleich der eines Wasserstoffions; die Masse des letzteren oder des Atoms ist aber ganz bedeutend größer.

Indessen ergibt sich nicht bei allen Kathodenstrahlen dieselbe Größe für die Masse der Teilchen. Kaufmann zeigte, daß das erwähnte Verhältnis von Ladung und Masse bei den vom Radium ausgesandten Kathodenstrahlen kleiner und kleiner wird, wenn sich die Geschwindigkeit der des Lichtes nähert. Da kein Grund für eine Änderung der Ladung mit der Geschwindigkeit spricht, muß man annehmen, daß die Masse wenigstens scheinbar mit ihr zunimmt.

Eine solche scheinbare Zunahme der Masse der Teilchen ist in der Tat nicht unerhört. Zunächst ist offenbar ein Teil der aus dem erwähnten Verhältnis berechneten Masse nur scheinbar vorhanden. Eine bewegte elektrische Ladung ruft wie ein elektrischer Strom um sich ein Magnetfeld hervor. Wird die Bewegung der Ladung beschleunigt, so wird die Intensität des Magnetfeldes größer. Dieses Steigen der Feldintensität wirkt

aber der Bewegung des Teilchens hemmend entgegen. Eine Bewegungsverzögerung der Ladung ruft eine Änderung der Feldintensität hervor, die jener Verzögerung entgegenwirkt. Der so bedingte Widerstand gegen Beschleunigung oder Verzögerung der geladenen Teilchen verhält sich ebenso, wie der durch die Massenträgheit einer Geschwindigkeitsänderung entgegengesetzte Widerstand. Die aus obigem Verhältnis berechnete scheinbare Masse muß sich demnach zusammensetzen aus der wirklichen trägen Masse des Kathodenstrahlenteilchens und aus einem Summanden, der durch die elektrische Ladung zustande kommt.

Für die Größe dieses zweiten Summanden hat Abraham einen Ausdruck abgeleitet, der abhängig ist von der Ladung des Teilchens und von seiner Geschwindigkeit. Aus diesem Ausdruck ergibt sich zunächst in Übereinstimmung mit den experimentellen Resultaten Kaufmanns ein schnelles Wachstum der scheinbaren Masse, wenn sich die Geschwindigkeit der Teilchen der des Lichtes nähert.

Ferner aber zeigt sich beim Vergleich dieses Summanden mit den aus den von Kaufmann bestimmten Verhältnissen von Ladung und Masse sich ergebenden Werten für die ganze Masse, daß die wirkliche träge Masse der Teilchen entweder Null sein muß oder doch nur einen sehr kleinen Teil der scheinbaren ausmachen kann. Man neigt im allgemeinen der ersteren Annahme zu.

Es zeigt sich also, daß die verschiedenen negativen Strahlungen aus kleinen elektrischen Elementarquanten bestehen, die für sich existieren können, ohne mit mechanisch-träger Masse behaftet zu sein. Doch erhalten diese Teilchen unter dem Einfluß endlicher elektrischer Kräfte nicht etwa unendliche Geschwindigkeiten, vielmehr wirkt das durch ihre Bewegung erzeugte magnetische Feld jeder Geschwindigkeitsänderung entgegen — genau wie die Trägheit mechanischer Massen, die so dem Beobachter vorgetäuscht wird. Diese scheinbare Trägheit beruht auf den Wirkungen, die sich beim elektrischen Strome als Selbstinduktion oder Extrastrom beobachten lassen. Es handelt sich um die Rückwirkung des durch bewegte Elektrizität erzeugten Magnetfeldes auf diese Elektrizität, die nach dem

Lenzschen Gesetz stets einer Änderung der Elektrizitätsbewegung sich entgegensetzen muß.

Bei der Elektrolyse hängen an den Atomen oder Atomgruppen je ein, zwei oder drei dieser elektrischen Teilchen, je nach der Wertigkeit des Atoms oder der Atomgruppe, die so zu ein-, zwei- oder dreiwertigen Ionen werden. An der Elektrode gehen die Ladungen auf das Metall über. Sie wandern innerhalb des Metalls weiter, und diese Wanderung negativer Teilchen stellt nach verbreiteten Annahmen eben den elektrischen Strom im Metall dar.

Für die besprochenen ohne mechanisch-träge Masse behafteten elektrischen Teilchen hat sich der Name Elektronen eingeführt. Die Bezeichnung stammt von Stoney.

Nicht nur als Ionen sind die Atome mit Elektronen behaftet. Auch in den gewöhnlichen neutralen Molekeln sind sie vorhanden, nur daß nach außen die Wirkung der negativen Ladung durch eine gleiche positive im ganzen aufgehoben wird.

Die elektromagnetische Lichttheorie erfordert als Erreger der elektromagnetischen Wellen, die wir als Licht- und Wellenwellen konstatieren, schwingende elektrische Ladungen in den Molekeln. Die Elektronen, die unter dem scheidenden Einfluß des Stromes bei der Elektrolyse auftreten, müssen also im Molekel in schneller periodischer Bewegung sein. Auch hier müssen aber magnetische Kräfte ihren Einfluß auf die bewegten Ladungen ausüben, und dieser gibt sich im Zeeman-Effekt, in der Zerlegung der Spektrallinien im magnetischen Felde, kund. So wird die Elektronenhypothese zu einer wichtigen Grundlage der Lehre vom Licht und von der strahlenden Wärme, der elektromagnetischen Theorie dieser Erscheinungen.

Auch die quantitative Untersuchung des Zeeman-Effektes liefert eine Bestimmung der Größe des Verhältnisses von Ladung und Masse bei den schwingenden Teilchen. Aus Zeemans Messungen z. B. am Natrium ergibt sich ein Wert, der gut mit den anderweitig erhaltenen übereinstimmt. Hierin ist eine wichtige Bestätigung der gemachten Annahmen zu erblicken.

Wir haben bisher immer von negativen Elektronen gesprochen. Die positiven Ladungen mußten außer Betracht

bleiben, weil sich für sie wesentlich andere Erscheinungen ergeben haben.

Fordern die Faradayschen Gesetze der Elektrolyse wenigstens für Momente die Existenz isolierter elektrischer Elementarquanta der einen Art, so gilt das nicht auch für die andere Art Elektrizität. Werden von den negativen Ionen negative Elektronen an der einen Elektrode abgegeben und die Ionen so neutral, so braucht der Vorgang für die positiven Ionen nicht ebenso zu verlaufen. Es ist ebenfalls möglich, daß die positiven Ionen durch Aufnahme negativer Elektronen von der Kathode neutralisiert werden, so daß auch dort nur isolierte negative Elektronen zu existieren brauchen. Der von Helmholtz begründete Schluß auf die Existenz isolierter elektrischer Elementarquanta ist demnach nur für Elektrizität eines Vorzeichens bindend.

Hat man nun isolierte negative Elektronen in den zahlreichen Arten von Kathodenstrahlen und beim Zeeman-Effekt nachweisen können, so ist entsprechendes für positive Elektronen nicht gelungen. Wo man aus positiv geladenen Teilchen bestehende Strahlungen auffand, waren die Teilchen stets mit einer Masse belastet, die der des Wasserstoffatoms gleich oder überlegen war.

Als solche Strahlungen positiver Teilchen sind die in Entladungsröhren mit durchlöcherter Kathode hinter dieser auftretenden Kanalstrahlen zu betrachten, die Goldstein entdeckte. Sie werden durch elektrische und magnetische Felder von beträchtlicher Intensität abgelenkt, aber in entgegengesetztem Sinne wie die Kathodenstrahlen und außerdem weit schwächer. Ihre Geschwindigkeit ist weit geringer als die der Kathodenstrahlen. Das Verhältnis von Ladung und Masse ist viel kleiner als bei negativen Elektronen, aber von gleicher Größenordnung wie bei Ionen in Elektrolyten. Wie die sogenannten β -Strahlen des Radiums sich als Kathodenstrahlen erwiesen haben, sind die α -Strahlen dieses Stoffes nichts anderes als Kanalstrahlen von großer Geschwindigkeit.

Die Elementarquanta der positiven Elektrizität sind also nur in Verbindung mit träger Masse von Atomgröße bekannt. Sie sind entweder mit einem einzelnen oder einem Komplex von Atomen verknüpft.

Wie die α -Strahlen, so bestehen wahrscheinlich auch die Emanationen der radioaktiven Stoffe aus positiven Ionen, geladenen Atomen. Nur verlassen die Teilchen der Emanation die radioaktive Substanz langsam, wie ein aus der Absorption freiwerdendes Gas, während die Teilchen der α -Strahlen fortgeschleudert werden mit einer Geschwindigkeit, die ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit erreichen kann.

Die bei den Emanationen auftretenden Erscheinungen führen zur Umwandlung der Elemente in andere. So sondert Radium eine Emanation ab, die sich mit der Zeit in Helium verwandelt, wie die spektroskopische Untersuchung beweist. Wahrscheinlich ist schon die kondensierbare Emanation, die schließlich Helium ergibt, das Resultat einer Reihe von Umwandlungsprozessen, bei denen sich eine Emanation aus der anderen unter fortwährender Emission von Strahlen entwickelt. Auch die kondensierbare Emanation ist radioaktiv und liefert eine Substanz, die induzierte Radioaktivität hervorruft, also vorübergehend radioaktiv ist, d. h. auch diese Substanz ist in Umwandlung und Zersetzung begriffen.

Ähnliche Umwandlungsprozesse beobachtet man bei den übrigen radioaktiven Substanzen, bei Uranium und Thorium. Bei allen diesen Vorgängen entstehen Strahlungen. Es werden negative Elektronen abgeschleudert, ferner positive Ionen; es entstehen X-Strahlen (γ -Strahlen).

Bei der Bildung aller dieser Strahlen produzieren die radioaktiven Stoffe fortwährend Energie, die sie wohl kaum von außen aufnehmen. Es kommt hinzu, daß diese Substanzen stets eine etwas höhere Temperatur haben, als ihre Umgebung, also fortwährend Wärme erzeugen.

Wir können zusammenfassend sagen: Die radioaktiven Substanzen verwandeln sich unter Abgabe von Elektronen und unter steter Energieerzeugung allmählich in andere Stoffe. Sind diese wieder radioaktiv, so geht die Umwandlung weiter, bis Stoffe entstehen, die nicht oder nur sehr schwach radioaktiv sind.

Es bleibt nämlich noch zu erwähnen, daß scheinbar alle Stoffe, vor den Metalloiden aber alle Metalle sich als mehr oder weniger radioaktiv erweisen werden.

Stellt man sich auf den Standpunkt der Atomtheorie, so

ergibt sich, daß jene Abtrennung von Elektronen, jene Energieerzeugung, und die Umwandlung innerhalb des Atoms vor sich gehen müssen. Es verwandelt sich also unter Elektronenabgabe und Energieproduktion ein Atom in ein anderes, Radiumatome schließlich in Heliumatome.

Natürlich muß das hypothetische Element, das allen diesen Ergebnissen anhaftet, immer hervorgehoben werden. Jedoch ist die Umwandlung von Radium in Helium durch neue Arbeiten des Ehepaares Curie und Dewars einwandfrei bewiesen.

Die Annahme einer absoluten Unveränderlichkeit der Atome unserer chemischen Elemente muß also als direkt widerlegt erscheinen.

Die Umwandlungsprozesse radioaktiver Elemente in andere haben eine gewisse Ähnlichkeit mit der Zersetzung chemischer Verbindungen, z. B. explosibler Verbindungen. Bei solchen Explosionen, bei denen die Moleküle der Verbindung in ihre Atome zerfallen, finden auch Abschleuderung von Teilchen, Bildung von Strahlen von Licht, Wärme und Schall, Wärmeerzeugung und Entstehung neuer Substanzen statt. Es liegt daher nahe, die Umwandlungsprozesse der radioaktiven Elemente auch als Zersetzungen aufzufassen. Bei der Zersetzung einer Verbindung zerfallen ihre Moleküle in Atome und eventuell kleinere Moleküle, Atomgruppen; bei der Zersetzung eines radioaktiven Elementes zerfällt das Atom in Elektronen und geladene und neutrale Atome, die eventuell weiter in Elektronen und Atome zerfallen. Bei der Zersetzung des Moleküls in Atome entsteht (unter Umständen) Energie in Form von Wärme und ruhigen elektromagnetischen Wellen, strahlender Wärme und Licht, bei der der radioaktiven Atome ebenfalls Wärme und elektromagnetische Stoßwellen, X-Strahlen.

Die Atome radioaktiver Elemente enthalten nach dieser Auffassung also Elektronen. Die Elektronen bilden Bausteine der Atome, die die Eigenschaften der Radioaktivität zeigen, und wenn alle Elemente mehr oder weniger radioaktiv sind, enthalten alle Atome Elektronen als Bausteine. Durch Abscheidung einer Anzahl von diesen Bausteinen, von Elektronen, verwandelt sich ein Atom in ein oder mehrere andere, anderen Elementen zugehörige.



Es liegt nun sehr nahe anzunehmen, die Elektronen bildeten die einzigen Bausteine der Atome. Die Atome sind demnach Komplexe von Elektronen, die durch ihre elektrischen Kräfte zusammengehalten werden. Von solchen Komplexen positiver und negativer Elektronen sind die negativen abtrennbar. Werden ein, zwei usw. negative Elektronen entfernt, so entstehen positive Ionen aus den Atomen, treten negative Elektronen hinzu, so bilden sich negative Ionen; die Ionen sind ein-, zwei- usw. wertig, je nach der Zahl der entfernten oder hinzugetretenen negativen Elektronen.

Als wesentlichste Eigenschaft der Materie gilt die Trägheit. Die Menge des Trägen, die Masse ist es, die die wichtigste Bestimmung der Atome ausmacht. Die Atome sind vor allem charakterisiert durch ihre Masse, oder wie man meist weniger gut sagt, durch ihr Gewicht. Die Eigenschaft der Trägheit der Atome scheint nun ohne weiteres zurückführbar auf die scheinbare, elektromagnetische Trägheit der Elektronen. Hierdurch ist die wesentlichste Eigenschaft der Materie zurückgeführt oder als identisch erwiesen mit jener Erscheinung beweglicher Elektrizität, die sich beim elektrischen Strom als Selbstinduktion oder Extrastrom kundgibt. Die Atome haben also deshalb träge Masse, weil sie aus Elektronen bestehen, und die Massenunterschiede ergeben sich aus den Unterschieden im Aufbau der Atome.

Aus dem Aufbau der verschiedenartigsten Materie aus denselben Elektronen erklärt sich die Erfahrung, daß die Durchlässigkeit gegen bewegte Elektronen, Kathodenstrahlen, allein von der Dichte der Substanzen abhängt, von allen anderen physikalischen und chemischen Eigenschaften aber unabhängig ist.

Bei der Elektrolyse erweisen sich die Metalle deshalb als elektropositiv, weil sie leichter negative Elektronen loslassen, als die Metalloide.

Über die Art des Aufbaues der Atome aus den elektrischen Ladungen haben sich bemerkenswerte Anschauungen ergeben. Man hat Gründe, die negativen Ladungen für dichter, die positiven für weniger konzentriert zu halten. Innerhalb der ausgedehnteren positiven Ladungen befinden sich die Elektronen negativer Ladung im Zustande eines beweglichen Gleichgewichtes,

das mehr oder weniger fest sein kann, wodurch die elektrochemischen und radioaktiven Eigenschaften des Atoms erklärbar werden.

Um einen Einblick in die möglichen Gleichgewichtslagen der Elektronen im Atom zu gewinnen, kann man sich eines magnetischen Atommodells bedienen, wie es von Mayer angegebene Versuche bieten. Immerhin geben die Versuche nur ein grobes Bild, weil auf die dauernden Bewegungen der Elektronen nicht Rücksicht genommen wird, also an Stelle eines beweglichen Gleichgewichtes ein ruhendes tritt, auch die ganze positive Ladung durch einen Magnetpol ersetzt wird und für die Anordnung der elektrischen Ladungen im Raume eine solche magnetischer Pole in einer Ebene eintritt. Die Versuche werden folgendermaßen ange stellt. Auf einer Wasserfläche läßt man eine Anzahl kleiner gleicher Magnete schwimmen, die durch Korkstückchen so getragen werden, daß sie alle den gleichen Pol nach oben kehren. Über die Wasserfläche bringt man den entgegengesetzten Pol eines stärkeren Magneten. Die Pole der kleinen Magneten, die nach oben gekehrt sind, repräsentieren die negativen Ladungen, der stärkere Magnetpol, bzw. seine Kraftkomponenten in horizontaler Richtung, ersetzen die Gesamtwirkung der positiven Elektrizität des Atoms. Unter dem Einfluß der Abstoßung der kleinen Pole untereinander und der Anziehung durch den stärkeren Pol ergeben sich nun regelmäßige Anordnungen der kleinen Magnete, die die Gleichgewichtslagen darstellen. Ist die Zahl der kleinen Magnete klein, so ordnen sie sich etwa gleichmäßig verteilt auf einem Kreise an. Vermehrt man sie, so treten plötzlich einer oder mehrere Magnete aus dem Kreise aus und es entstehen zwei konzentrische Anordnungen; bei weiterer Vermehrung kommen drei oder vier Ringe zustande. Die bei der Vermehrung der kleinen Magnete aufeinanderfolgenden Figuren ordnen sich nun in einer eigenartigen periodischen Weise. Die aus einem Ring bestehenden Figuren kehren nämlich nach der Vermehrung um eine gewisse Anzahl kleiner Magnete als innerer Ring zweiringiger Figuren wieder. Die aus zwei Ringen bestehenden Figuren treten bei den aus drei Ringen aufgebauten als innerer Teil wieder auf usw. Wenn man die gleiche Ringe enthaltenden Figuren ihrer Größe nach untereinanderstellt, die so entstehenden Kolonnen

der Zahl der Magnete entsprechend nebeneinander, so entsteht eine dem periodischen System der Elemente nicht unähnliche Anordnung. Denkt man sich physikalische und chemische Eigenschaften der Systeme an bestimmte Ringe gebunden, so würden die Eigenschaften in den Kolonnen in ähnlicher Weise sich zusammenfinden, wie wir dies im periodischen System der Elemente sehen.

An Stelle der Ringe treten bei den im Raume von drei Dimensionen schwebenden Elektronen Schalen. Aber die Periodizität der Anordnung kann auch hier trotz der Komplikation durch die Bewegung sehr wohl in ähnlicher Weise vorhanden sein; denn in den Atomen der alten chemischen Elemente handelt es sich um eine Auslese ungemein stabiler Elektronensysteme. Diese Periodizität würde sich in der periodischen Wiederkehr physikalischer und chemischer Eigenschaften im periodischen System spiegeln.

Daß bestimmte Eigenschaften an die Wiederkehr eines der besprochenen Ringe oder Schalen gebunden sein können, ist gar nicht abzuweisen. So sind die Teilchen eines bestimmten Ringes oder einer bestimmten Schale einer bestimmten Reihe von Schwingungen von fester Periode fähig. Durch umgelagerte Ringe oder Schalen können allerdings diese Reihen von Perioden mehr oder weniger gestört werden. Da jede Schwingung der Elektronen von bestimmter Periode einer Spektrallinie entspricht, muß jeder Kugelschale mit der ihr eigentümlichen Reihe von Perioden ein Satz von Spektrallinien entsprechen, der mehr oder weniger gestört wiederkehrt, wenn die betreffende Schale in einem Atom mit weiteren Schalen wiederkehrt. Die Störungen würden sich etwa in Verschiebungen und Zerlegungen der Spektrallinien in kleinere Sätze, Duplets und Triplets, offenbaren.

Die Existenz solcher etwas verändert sich wiederholender Liniensysteme in den Spektren verschiedener Elemente ist in der Tat durch die Untersuchungen von Kayser und Runge und von anderen Forschern dargetan worden. Überhaupt versprechen gerade die spektroskopischen Untersuchungen der Elemente wichtige Aufschlüsse über den Bau ihrer Atome.

Wir brauchen die Leistungen dieser hypothetischen Auffassungen über den Bau der Atome nicht weiter darzustellen, nach-

dem die prinzipielle Seite der Sache durch die dargestellten Beispiele hervorgehoben worden ist¹⁾.

Erwähnung verdient es noch, daß die geschilderte Auffassung vom Bau der Materie sich in natürlicher Weise mit Entwicklungshypothetischen Annahmen über das Zustandekommen der jetzt vorhandenen Struktur vereinigen läßt. So zeichnet J. J. Thomson in dem soeben zitierten Buche den Entstehungsprozeß der Atome aus Ladungspaaren, Elementen, die aus einem positiven und einem negativen Elementarquantum von Elektrizität in Bewegung bestehen. Diejenigen Elektronenkomplexe, die geringe Stabilität besitzen, leicht zerfallen, bilden die merklich radioaktiven Substanzen; die stabileren Atome geben die Bausteine der alten chemischen Elemente. So ergibt sich das relativ seltene Vorkommen radioaktiver Stoffe. Diese werden eben durch ihren eigenen Zerfall fortwährend ausgeschaltet. Ferner versteht sich von selbst, daß eine Substanz nicht, ohne sich vollständig in Elektronen aufzulösen, dauernd radioaktiv sein kann. In der Tat ist die Radioaktivität eine vorübergehende Eigenschaft. Während ihres Bestehens geht die Substanz in eine solche mit stabileren Atomen über. Wo ein Stoff dauernd radioaktiv erscheint, sind es nacheinander immer neue Teile der Substanz, an die der Zerfallsprozeß herantritt.

Neben der Trägheit als der wesentlichsten Eigenschaft der alten Materie tritt als allgemeine Eigenschaft jeder trägen Substanz die Gravitation. Gravitation und Trägheit sind proportional, wenn die betrachteten Massen gleiche Abstände haben von einer anderen, gegen die sie gravitieren.

Zur Erklärung der Gravitation wird angenommen, daß ungleichartige Ladungen sich etwas stärker anziehen als gleichartige sich abstoßen. So versteht sich dann die Proportionalität von Anziehung und Masse bei neutralen Atomen von selbst. Denn beide sind der Zahl der die Atome bildenden elektrischen Elementarquantum proportional.

Ist aber die Gravitation, wie alle Eigenschaften der Materie,

¹⁾ Eine genauere Ausführung des im Texte nur Angedeuteten findet man in dem kleinen Buche eines an den besprochenen Forschungen und Hypothesenbildungen hervorragend Beteiligten, J. J. Thomsons Elektrizität, und Materie, übersetzt von Liebert, Braunschweig 1904.

auf das Wesen der Elektronen als elektrischer Ladungen zurückführbar, so müssen sich ihre Wirkungen, wie alle elektrischen, mit Lichtgeschwindigkeit, also zeitlich im Raume fortpflanzen. Ferner muß die Massenanziehung, da sie im Grunde eine elektrische ist, wie diese nicht nur von der Lage der anziehenden Teile, sondern auch von Geschwindigkeit abhängen. Gelänge es, die zeitliche Fortpflanzung und die Abhängigkeit von der Geschwindigkeit nachzuweisen, so läge eine glänzende Verifikation der Hypothese vom Aufbau der Materie aus Elektrizität vor. Jedenfalls läßt diese Hypothese also Verifikationen zu.

Fassen wir kurz zusammen, was in diesem Kapitel über die Struktur der Materie sich ergab, indem wir bei den letzten Bauelementen anfangen! Nach der geschilderten hypothetischen Auffassung sind diese in minimalen positiven und negativen Elektrizitätsmengen zu suchen, die als solche, ohne Materie, existieren. Als Grundeigenschaften sind diesen ihre Wirkungen, gemäß den Maxwell-Hertzschen Gleichungen, zuzuschreiben, welche die Teilchen eben als elektrische charakterisieren. Andere Eigenschaften bzw. Wirkungsweisen brauchen wir den Elektronen nicht beizulegen. Sie sind eben Elektrizitätsmengen und nichts als solche.

Aus zahlreichen Elektronen sind die 80—100 verschiedenen Atome der chemischen Elemente aufgebaut. Diese Atome unterscheiden sich also nicht, weil sie aus verschiedenen Qualitäten bestehen, sondern weil sie aus einer verschiedenen Anzahl gleicher Elektronen in verschiedener Weise aufgebaut sind.

Bei Elementen und Verbindungen finden sich die Atome wiederum zu größeren Komplexen, den Molekülen vereinigt. Diese bilden die Bausteine aller chemisch einheitlichen Stoffe, die durch mechanische Trennungsvorgänge nicht zerlegbar sind. Gab es nur zweierlei Elektronen, etwa 80 bis 100 Atome, so ist die Zahl der Molekel schon ungemein groß und sie sind von sehr verschiedenem Bau und wechselnder Komplikation.

Durch die zahlreichen Arten mechanischer Mischung entsteht aus den chemisch einheitlichen Stoffen die unentliche Mannigfaltigkeit von Substanzen, die uns in der Körperwelt entgegentritt.

Die verschiedenen Außenweltssubstanzen scheinen sich also

nicht durch ihre Qualität zu unterscheiden. Sie sind vielmehr alle in letzter Linie aus den gleichen Elementen, den beiden Arten von Elektronen, aufgebaut und nur die Verschiedenheit des Aufbaues unterscheidet sie.

Die Elektronen selbst müssen als etwas Seiendes nach unseren Annahmen natürlich Qualitäten sein. Sind nun die beiden Arten von Elektronen zwei verschiedene Qualitäten oder Qualitätenkomplexe?

Die Beantwortung der Frage hängt von der Ansicht über ein anderes Problem ab. Wenn die Elektronen die absolut letzten Bausteine der Materie sind, so wird es wenigstens nahe liegen, von ihrem gegensätzlichen Verhalten auf zwei verschiedene Qualitäten oder Qualitätenkomplexe zu schließen. Bestehen aber die Elektronen wieder aus kleineren Elementen, so wäre vielleicht das, was beide Arten von Elektronen als Elektrizität ohne Rücksicht auf das Vorzeichen charakterisiert, auf die gleichen Elemente, die Verschiedenheit der beiden Arten aber auf den Unterschied in der Struktur zurückzuführen.

Haben wir Gründe irgendwelcher Art, in den Elektronen die absolut letzten Bausteine der Materie zu sehen? Man wird für eine bejahende Antwort auf diese Frage vielleicht die Einfachheit des durch sie gegebenen Systems der Materie geltend machen. Wir kennen nur zwei Arten von Elektronen, und alle Elektronen einer Art sind für unsere Einsicht gleich. Ferner sind alle Elektronen für unsere Erkenntnis unveränderlich. Wir wissen nur das eine von ihnen, daß sie nach einem bestimmten Gesetze aufeinander wirken. Die Reduktion komplizierter Verhältnisse auf derartig einfache Elemente gibt dem menschlichen Geiste einen hohen Grad von Befriedigung. Und weil die intellektuellen Antriebe, über diese einfachen Elemente hinauszugehen, fehlen oder schwach sind, ist der menschliche Geist geneigt, diese einfachen, letzten erreichbaren Elemente auch objektiv als die absolut letzten Bausteine der Materie zu betrachten. Indessen dürfen derartige aus der Natur unseres Geistes entspringende Motive keinen Einfluß auf die Beurteilung der objektiven Welt ausüben. Auch die Atome schienen einst unveränderlich; auch ihnen brauchten nur wenige physikalisch-chemische Eigenschaften zugeschrieben zu werden; auch von ihnen gab

es nicht allzuvielen verschiedene Arten. Der Unterschied in der Einfachheit des Baumaterials der Materie, wie es einst die Atomhypothese bot und wie es jetzt die Elektronenhypothese liefert, ist doch nur ein gradueller. Ob etwa 100 oder nur 2 verschiedene Bausteine existieren, ist nicht so wesentlich. Und schließlich bleibt die Frage offen, inwieweit die scheinbare Einfachheit der Elemente, der Elektronen, auf der Ungenauigkeit unserer Untersuchungsmethoden beruht. Wir wissen nichts darüber, ob die Elektronen, während sie in verschiedener Weise wirken, sich auch verändern, ob etwa die Qualitäten sich umwandeln, aus denen sie nach unserer Auffassung zuletzt bestehen müssen. Die Qualitäten, die wir aus unserem Bewußtsein kennen, ändern sich vielfach, während sie in Wirksamkeit treten.

Wie die unendliche Mannigfaltigkeit der Sterne der Milchstraße für den einfachen Beobachter zu einem homogenen matten Lichtschimmer von größter Einfachheit verschmelzen, wie wir die Fixsterne mit ihrer unendlich differenzierten Oberfläche als einfache leuchtende Punkte auch in den größten Fernrohren erblicken, so mag sich auch hinter den für unsere Forschungsmittel so einfachen Elektronen eine grenzenlose Vielheit von Strukturen und Vorgängen in diesen Strukturen verbergen. Die Qualitäten mögen sich wandeln, sie mögen in großer Vielheit das scheinbar einfache Elektron bilden; wir können es nicht feststellen, keine Aussagen darüber machen.

Übrigens ist zu erwähnen, daß die Aussage über die Gleichheit aller Elektronen eines Vorzeichens nur mit Vorbehalt zu machen ist. Die Bestimmung der Ladung eines Elektrons ist die eines Mittelwertes. Und wenn es auch Gründe gibt, die gegen eine allzu weite Abweichung von dieser mittleren Größe sprechen, die Möglichkeit von Größenunterschieden der Elektronen bleibt bestehen.

Was die räumliche Größe, die Ausdehnung der Elektronen angeht, so ist darüber sehr wenig zu sagen. Vielleicht sind die positiven Elektronen als die größeren zu betrachten. Dann wären zum mindesten diese sicherlich nicht unausgedehnt, d. h. mathematische Punkte. Aber auch die Frage, ob die ausgedehnte Materie zuletzt aus unausgedehnten Elementen besteht, ob ihre Ausdehnung nur vom Abstand dieser Elemente herrührt, oder

ob die Elemente schon einen gewissen, wenn auch kleinen Raum erfüllen, muß für den empiristischen Naturforscher offen bleiben.

Wissen wir nichts Bestimmtes über die Ausdehnung der Elektronen, so ist erst recht nichts über ihre Gestalt bekannt.

Mit der Frage nach einer Struktur der Elektronen bleibt auch die andere unentschieden, ob die beiden Arten von Elektronen aus zwei verschiedenen Qualitäten oder aus Komplexen verschiedener Qualitäten bestehen.

Bei der Erforschung immer winzigerer Größen ergeht es der Naturwissenschaft, wie unserem Geiste bei der des räumlich oder zeitlich unendlich Fernen. Je weiter man in der Geschichte der Erde, des ganzen Kosmos zurückgeht, um so weniger bleibt über beides zu sagen. Es muß fraglich erscheinen, inwieweit dieses Einfacherwerden der Gegenstände unseres Wissens von einem Einfacherwerden der Gegenstände in der Wirklichkeit beim Zurückgehen in die Vergangenheit herrührt. Es ist so leicht nicht zu entscheiden, ob der Verwandlungsprozeß des Kosmos einen Differentiationsvorgang darstellt. Sicherlich entspricht dem Einfacherwerden der Gegenstände in unserem Wissen beim Wachsen der räumlichen Entfernung keine Herabsetzung der Komplikation in der Wirklichkeit. Und so muß es auch unentschieden bleiben, inwieweit die Einfachheit des sehr Kleinen objektiver Natur ist. Jedenfalls bleibt die Möglichkeit, daß jedes Elektron wieder einen Mikrokosmos darstellt, ja das jedes noch so kleine Teilchen eines solchen Elektrons wieder unendlich kompliziert ist, daß es absolut kleinste Teilchen in der Tat nicht gibt.

Die auf der Erfahrung basierende Naturwissenschaft kann die metaphysische Frage von einer Grenze der Differentiation der Materie im Kleinen, die Frage nach der Existenz unteilbar kleiner Elemente ebensowenig beantworten, wie die nach einer Grenze der materiellen Welt im Großen, im Raume und in der Zeit. Sie kennt überall nur relative, nicht aber absolute Grenzen. Und wie vor der Forschung die Grenzen des Erkennbaren im Raume und in der Zeit immer weiter zurückgedrängt worden sind, wie die für unsere Erkenntnis einfachen Gegenstände an der Peripherie sich differenzierten, wenn sie in den Kreis unseres Wissens eintraten, so wird vielleicht einst die Grenze des Erkennbaren im Kleinen und Kleinsten auch weiter zurückschieb-

bar werden, und die einfachen Elektronen werden sich als komplizierte Gebilde entpuppen¹⁾.

¹⁾ Leider erst als ich mit der endgültigen Niederschrift dieses Abschnittes fast fertig war, fiel mir das Buch Righis in die Hände: „Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen“, von Augusto Righi, übersetzt von Prof. B. Dessau, Leipzig 1905. Das kleine Werk, dem der Übersetzer wissenschaftliche Strenge bei elementarer Behandlung mit Recht nachrühmt, ist auch durch die Zusammenstellung der in Frage kommenden Literatur wertvoll. Es hat dem Verfasser noch in letzter Stunde einige Dienste getan. In einzelnen Punkten ist die Darstellung allerdings schon wieder durch die schnell fortschreitende Forschung überholt. Daß das auch von der obigen Skizze gilt, mag mit demselben Grunde entschuldigt werden, kommt aber auch für das hier Wesentliche und Prinzipielle nicht sehr in Betracht.

An dieser Stelle mag auch auf eine weitere ganz populäre Darstellung naturwissenschaftlicher (nicht ausschließlich physikalisch-chemischer) Theorien hingewiesen werden: C. Snyder, „Das Weltbild der modernen Naturwissenschaft“, übersetzt von Kleinpeter, Leipzig 1905. Allerdings scheint mir das Buch, das ich erst direkt vor dem Drucke kennen gelernt, dem philosophisch orientierten Leser manchen Anstoß zu bieten.

IX. Kinetisch-elastische und kinetisch-elektrische Auffassung. Trägheit und Kraft. Fernwirkung. Äther.

Bei der Untersuchung der Struktur der Materie sind wir zu den Elektronen als den für unsere Erkenntnis letzten Strukturelementen gelangt. Diese einfachen kleinen Elektrizitätsteilchen zeigen dem beobachtenden Menschen keine Veränderung. Kennen wir aber keine Veränderung der letzten Strukturelemente der Materie, so müssen wir alle Erscheinungen und Vorgänge, die sich an und in der greifbaren Materie abspielen, als Bewegungsvorgänge auffassen. Denn wenn jede andere Veränderung der Elektronen ausgeschlossen bleibt, so ist Ortsveränderung, Bewegung das einzig mögliche Geschehen in der Gesamtheit der Elektronen, der Materie.

Eine Naturauffassung, die alle Naturvorgänge auf Bewegungen zurückführt, pflegt man als eine mechanische zu bezeichnen. Allerdings denkt man bei dieser Bezeichnung eher an eine Reduktion auf Bewegungsvorgänge an Massenteilchen, nicht an elektrischen Ladungen. Man spricht daher vielleicht zweckmäßiger von einer kinetischen Naturauffassung, wie der Physiker ja auch von einer kinetischen Gastheorie spricht. Unter den Begriff der kinetischen Naturauffassung fällt dann ebensowohl die alte mechanische Zurückführung aller Naturvorgänge auf Bewegungen von Massen unter dem alleinigen Einfluß von Druck und Stoß, wie die Hypothese, nach welcher alle materiellen Vorgänge im Grunde Bewegungen von Elektronen und Elektronenkomplexen sind. Weil die alte mechanische Auffassung alle Bewegungen auf Druck und Stoß zurückführt, oder sagen wir zurückführen will, denn ihr Ideal ist immer recht weit von der Erfüllung entfernt geblieben, und weil Druck und Stoß Vorgänge sind, bei denen der Elastizität die Hauptrolle zukommt, wollen

wir diese Auffassung als kinetisch-elastische bezeichnen. Die auf der Elektronentheorie basierende Hypothese nennen wir, weil bei ihr elektrische Kräfte die bewegenden sind an Stelle der elastischen, kinetisch-elektrisch.

Wir hatten an früherer Stelle erwähnt, daß die mechanischen oder kinetischen Hypothesen in ihrer Gesamtheit eine Struktur der Materie voraussetzen, an der sich die anzunehmenden Bewegungen abspielen können. Die Struktur der Materie, wie sie Molekular-, Atom- und Elektronentheorie lehren, ist nun in der Tat zusammengesetzt genug. Sie ermöglicht eine solche Mannigfaltigkeit von Bewegungen, daß alle physikalischen und chemischen Vorgänge, die sich an der greifbaren Materie abspielen, kinetisch erklärt werden können.

Soweit sie lediglich durch die Annahmen der Molekular- und Atomtheorie erklärbar sind, haben wir die Vorgänge der chemischen Verbindung und Zerlegung schon vom Standpunkte der kinetischen Auffassung betrachtet. Sie beruhen auf einem räumlichen Zusammentreten und Auseinandergehen der Atome. Durch die Elektronentheorie wird diese Erklärung dahin ergänzt, daß das Bindende und Auseinanderreißende stets die Elektronen sind. Die sogenannten chemischen Affinitäten sind elektrische Kräfte, ausgeübt von Elektronen.

Über die Zurückführung der Gravitation auf elektrische Kräfte, ausgeübt von den Elektronen, sprachen wir schon. Auch die molekularen Anziehungen und Abstoßungen, die sich als Elastizität, Adhäsion, Kohäsion, usw. kundtun, sind auf die elementaren Wirkungen der Elektronen zurückzuführen.

Die kinetische Auffassung der akustischen Erscheinungen wurde schon erörtert, da sie ja unabhängig ist von den Hypothesen über eine etwaige Struktur der ponderablen Materie.

Es bleiben die Phänomene dreier großer physikalischer Wissensgebiete auf die Anordnung der Elektronen und ihre Bewegungen zurückzuführen; es handelt sich um die Erklärung der Wärme-, Licht- und elektrisch-magnetischen Erscheinungen.

Die Wärmelehre bedarf zu ihren Erklärungen der Elektronentheorie nur in wenigen Teilgebieten, wie in der Lehre von der Wärmestrahlung und bei der Erörterung der konstanten Wärmeabgabe radioaktiver Substanzen. Im übrigen kommt sie mit der

Molekular- und Atomtheorie aus. Das Wesen der Wärme besteht in Bewegungen der Moleküle und der Atome, seien diese nun mehr oder weniger unregelmäßig schwingend, wie bei festen oder flüssigen Körpern, seien sie translatorisch, wie bei Gasen. Die mechanische Wärmetheorie verdankt ihre Entstehung in erster Linie der Beobachtung, daß beim Verschwinden mechanischer Arbeit ein ihrer Größe proportionales Quantum Wärme entsteht und umgekehrt, beim Verschwinden dieser Wärmemenge entsteht wieder das zu ihrer Erzeugung verbrauchte Maß mechanischer Arbeit. Diese Äquivalenz von Arbeit und Wärme bringt der erste Satz der mechanischen Wärmetheorie zum Ausdruck. Die mechanische Auffassung erklärt die Umwandlungsmöglichkeit, indem sie annimmt, die Wärme sei nichts anderes, als kinetische Energie der Molekular- und Atombewegung. Die Verwandlung mechanischer Energie in Wärme ist demnach nichts anderes, als die Übertragung in kinetisch-mechanische Energie der unsichtbar kleinen Moleküle und Atome. Geht aber Wärme in mechanische Energie über, so handelt es sich um einen Transport der Bewegungsenergie der Atome und Molekel auf sichtbar große Massen.

Voraussetzungen für die Möglichkeit der mechanischen Wärmetheorie sind einerseits die Existenz kleiner Teilchen, an denen die angenommenen Bewegungen sich abspielen können, andererseits die Hervorbringung einer besonderen Sinnesqualität durch unsichtbar kleine Bewegungen. Die erste Voraussetzung wird durch Molekular- und Atomhypothese geliefert, die zweite ist durch unsere Ausführungen über die mechanische Theorie des Schalles als möglich erwiesen.

Die kinetische Auffassung der Wärme erklärt die Gesamtheit der Wärmeerscheinungen in befriedigender Weise. Die Ausdehnung durch die Wärme, das Verhalten beim Übergang in andere Aggregatzustände, die thermochemischen Erscheinungen usw., ferner die Produktion von Wärme- und Lichtstrahlen durch Erhitzung finden ihre einfache Begründung in der Hypothese.

Da prinzipiell Neues bei einer weiteren Erörterung der kinetischen Wärmeauffassung sich nicht ergeben würde, kann auf die physikalischen Lehrbücher verwiesen werden. Es ist nur wieder zu betonen, daß die mechanische Wärmetheorie

zahlreiche Verifikationen zuläßt, ja vielleicht eines direkten Beweises fähig zu erachten ist.

Man denke an die Brownsche Molekularbewegung. In einer Flüssigkeit zeigen sich die feinsten Suspensionen unter dem Mikroskop stets in lebhaftester Bewegung, während etwas größere Partikelchen in Ruhe bleiben. Das kann nur daher rühren, daß in der Flüssigkeit überall unsichtbar kleine Bewegungen bestehen, die sich in ihrer Wirkung auf größere Teilchen nach dem Gesetz der großen Zahlen aufheben, so daß diese nicht zu merklicher Bewegung kommen, bei ganz feinen Teilchen aber recht lebhaft Bewegungen hervorrufen. Die Größe der die Brownschen Bewegungen ausführenden Teilchen kann unter Umständen bestimmt werden, und das Ergebnis ist gut verträglich mit der Auffassung, daß diese Teilchen ihre kinetische Energie von den Molekeln erhalten, daß diese also in beständiger Bewegung sind. Jedenfalls beweist die Brownsche Molekularbewegung die Existenz ultramikroskopisch kleiner Bewegungen.

Einen Teil der kinetischen Wärmetheorie von hervorragender Wichtigkeit bildet die kinetische Gastheorie, welche freilich nicht nur in die Wärmelehre, sondern auch in die Mechanik gehört. Wir erwähnen diese Theorie hier, um einen philosophischen Einwand gegen sie zu entkräften, der z. B. von Stallo¹⁾ erhoben wird.

Die kinetische Gastheorie sagt aus, daß in einem Gase die weit getrennten Molekel geradlinige Bewegungen in allen möglichen Richtungen ausführen, bis sie entweder die Gefäßwand oder andere Gasmolekel treffen. Dann prallen sie wie elastische Körper ab und beginnen von neuem eine geradlinige Bahn. Je wärmer ein Gas ist, um so schneller erfolgen jene Bewegungen, um so zahlreicher sind natürlich auch die Stöße an Gefäßwand und andere Gasmolekel. Der Druck eines Gases auf die Wände, die es umschließen, wird als Gesamtwirkung der Stöße der Molekel aufgefaßt. So versteht sich von selbst, daß der Druck eines Gases steigt mit der Temperatur, wenn das Gas in demselben Gefäß eingeschlossen bleibt. Aber es ist auch erklärlich,

¹⁾ a. a. O., S. 114 f.

daß der Druck steigt in dem Maße, in dem der das Gasquantum einschließende Raum verkleinert wird. Denn in dem kleineren Raum haben die Molekel früher die Wandungen erreicht: die Stöße werden daher zahlreicher. Damit ist aber das Verhalten des Gasvolums gegen Druckänderungen, sein elastisches Verhalten, erklärt.

An dieser Stelle setzt der Einwand gegen die Hypothese ein. Zur Erklärung der Elastizität der Gase wird angenommen, daß sich die Gasmolekel beim Anprall verhalten wie vollkommen elastische feste Körper. Die Elastizität der Gase wird also, sagt man, zurückgeführt auf die der festen Körper. Nun ist aber das durch Boyle-Mariottes Gesetz bestimmte elastische Verhalten der Gase weit einfacher, als das elastische Verhalten fester Körper. Indem also die kinetische Gastheorie die Elastizität der Gase auf die Stöße der festelastischen Gasmolekel zurückführt, wird zur Erklärung von etwas Einfachem etwas Kompliziertes herangezogen. Es wäre eher angängig, die Elastizität der festen und flüssigen Körper auf die einfachere der Gase zurückführen zu wollen, als umgekehrt. Eine Hypothese, die zur Erklärung einfacher Verhältnisse kompliziertere einführt, ist aber nach der Ansicht der Gegner der kinetischen Gastheorie zwecklos.

Soweit der Einwand sich auf allgemeine Auffassungen über den Wert von Hypothesenbildungen stützt, können wir ihm gegenüber auf früheres verweisen; die Wahrscheinlichkeit bleibt für uns der endgültige Maßstab für den Wert derselben. Es ist aber gar nicht richtig, scheint uns, wenn behauptet wird, die kinetische Gastheorie führe die einfachere Elastizität der Gase auf die kompliziertere der Gasmolekel zurück, die sich beim Anprall wie feste elastische Körper verhalten. Die kinetische Gastheorie setzt vielmehr nur voraus, daß bei den Stößen der Molekel an die Gefäßwand dieselben Kräfte wirken, auf denen auch die Elastizität der festen und flüssigen Körper beruht. Vermöge dieser Kräfte wird allerdings ein Gasmolekel in derselben Weise von der Gefäßwand zurückgeschleudert, wie ein absolut elastischer fester Körper. Die Sache liegt also so, daß zur Erklärung der Elastizität fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe bestimmte Molekularkräfte anzunehmen sind, die den Molekülen in allen

Aggregatzuständen zukommen. Es versteht sich von selbst, daß die kinetische Gastheorie auf dieselben Molekularkräfte zurückgreifen muß, deren es zur Erklärung der Elastizität, wie auch der Kohäsion fester und flüssiger Körper bedarf, da es ja dieselben Moleküle sind, die einen Stoff in den verschiedenen Aggregatzuständen bilden. Die kinetische Gastheorie führt nicht Einfaches auf weniger Einfaches zurück, sondern sie bedient sich einer Voraussetzung, die auch andere und zahlreiche Erscheinungen erklärt.

Überdies ist das elastische Verhalten der Gase ja bei genauerer Betrachtung durchaus nicht so einfach. Bei höheren Drucken verliert das Boyle-Mariottesche Gesetz seine Gültigkeit vollständig, ebenso wie das Gay-Lussacsche Gesetz der Ausdehnung der Gase bei Erwärmung nicht streng gültig ist und bei hinreichend niedrigen Temperaturen recht ungenau wird. Aber auch die Abweichungen von den einfachen Gasgesetzen, die zu komplizierteren Formeln über das Verhalten der Gase gegen Druck und Temperatur führen, finden durch die kinetische Gastheorie eine befriedigende Erklärung. Diese schließt sich überhaupt den verschiedenen physikalischen und chemischen Auffassungen so harmonisch an, daß ihr unserer Ansicht nach ein hoher Wert zugesprochen werden muß.

Ein erhitzter Körper sendet Wärme- und, wenn seine Temperatur hoch genug ist, auch Licht- und ultraviolette Strahlen aus. Schon die Erzeugung von Licht durch Wärme macht es wahrscheinlich, daß das Leuchten eines Körpers auf schnellen Bewegungen kleiner Teilchen desselben beruht. Die deutlichsten Hinweise auf diese Hypothese des Lichtes liefern aber die überaus zahlreichen Analogien, die zwischen optischen und akustischen Erscheinungen bestehen. Diese Analogien gehen durch fast alle Gebiete von Optik und Akustik, durch die Lehren von der Reflexion, der Refraktion, der Interferenz und der Beugung. Alle diese optischen Erscheinungen sind auch auf akustischem Gebiete feststellbar, und den Phänomenen der Phosphoreszenz und Fluoreszenz entsprechen mehr oder weniger die akustischen der Resonanz und des Mitschwingens.

Als schwingende Teilchen faßte man früher die Atome und Molekel ins Auge. Seit der Schöpfung der elektromagnetischen

Lichttheorie muß man elektrische Ladungen als das Schwingende betrachten. Diese Theorie wird nämlich durch Beobachtungen gestützt, die eine vollständige Analogie zwischen Schwingungen elektrischer Ladungen und Licht ergaben. Nicht nur die Erscheinungen der Reflexion, Refraktion, Interferenz, Beugung und Absorption sind durch elektrische Schwingungen nachahmbar; es gelingt auch den Polarisationserscheinungen des Lichtes Entsprechendes zur Seite zu stellen, was die Akustik nicht vermag. Man kann dem Turmalin entsprechend wirkende Modelle (Hertzsches Gitter) für elektromagnetische Schwingungen konstruieren; selbst das dunkle Kreuz, wie es optisch einachsige Kristalle im Polarisationsapparat bei konvergentem Lichte zeigen, und die Drehung der Polarisationssebene wurden nachgeahmt.

Diese weitgehende Analogie zwischen einem leuchtenden Körper und einem Erreger elektromagnetischer Schwingungen macht die Annahme wahrscheinlich, daß auch im leuchtenden Körper kleine elektrische Schwingungen in den Molekeln stattfinden. Die schwingenden Ladungen können aber nichts anderes sein als Elektronen, und wahrscheinlich werden es die vom Atom, dem Elektronenkomplex, leichter abtrennbaren, mit ihm loser verbundenen negativen Elektronen sein, da abgetrennte positive Elektronen bisher nirgendwo festgestellt werden konnten.

Diese Auffassung, nach der das Schwingende im leuchtenden Körper die mit den Atomen lockerer verbundenen oder sagen wir in ihnen lockerer gebundenen negativen Elektronen sind, hat eine glänzende Bestätigung gefunden. Die schwingenden Elektronen müssen unter dem Einfluß magnetischer Kräfte anders pendeln, und diese Änderung der Schwingung muß sich in einer Änderung der entsprechenden Spektrallinie kundtun. Zeeman gelang es, den Einfluß magnetischer Kräfte auf leuchtende Stoffe im Spektrum in der von der Theorie zu fordernden Weise aufzuzeigen; es handelt sich um die Zerlegung von Spektrallinien in kleine Liniengruppen. Aber die Bestätigung der Hypothese ging noch weiter. Wie schon an anderer Stelle erwähnt wurde, konnte Zeeman aus der messenden Untersuchung des Phänomens die Größe des Verhältnisses von Ladung und Masse bei den schwingenden Teilchen bestimmen. Das Resultat stimmte mit den Ergebnissen der anderen Bestimmungsmethoden für ne-

gative Elektronen, deren Geschwindigkeit weit genug hinter der Lichtgeschwindigkeit zurückbleibt, in überraschender Weise überein.

Durch diese und andere Erfahrungen wird die Hypothese wahrscheinlich gemacht, daß das Leuchten eines Körpers durch Schwingungen negativer Elektronen bedingt ist, die sich am Atom und Molekül mit einiger Freiheit bewegen können. Man erkennt leicht, wie sich diese Auffassung den optischen Erscheinungen anpaßt.

Durch die elektromagnetische Theorie des Lichtes wird die Optik zu einem Teil der Elektrizitätslehre, eigentlich zu ihrem letzten Teile. Wir wollen nämlich die Elektrizitätslehre in drei Teilgebiete zerlegen, je nachdem es sich bei den zu besprechenden Erscheinungen um solche handelt, die von ruhenden, oder von gleichförmig sich bewegenden, oder schließlich von ungleichförmig sich bewegendenden Elektronen hervorgebracht werden. Zu dem letzten Teilgebiete gehört die Lehre von den optischen Erscheinungen, weil es sich bei diesen in der Tat um ungleichförmig bewegte, in diesem Falle periodisch schwingende Elektronen handelt.

Obwohl die Elektronentheorie an sich eine dualistische Elektrizitätslehre darstellt, nähert sie sich bei der Betrachtung der elektrischen Erscheinungen doch mehr der Franklinschen unitarischen Darstellung. Das kommt daher, weil nur die eine Art von Elektronen frei existiert und von den Atomen getrennt sich bewegen kann. Wie schon erwähnt wurde, sind nach allen bisherigen Erfahrungen nur die negativen Elektronen dazu imstande.

Den ersten Teil der Elektrizitätslehre bildet die Elektrostatik. Die elektrostatischen Erscheinungen werden durch angesammelte ruhende Elektronen hervorgebracht. Negativ elektrisch ist ein Körper, wenn er eine Menge überschüssiger, freier, negativer Elektronen enthält, positiv geladen, wenn ihm negative Elektronen entzogen wurden. Hiernach versteht sich die Verwandtschaft dieser Hypothese mit der alten unitarischen Auffassung, nach der es nur eine Art Elektrizität gab, von selbst. Auch bei dieser Auffassung war die eine Ladung ein Überschuß, die andere ein Mangel an Elektrizität.

Die elektrostatischen Fernwirkungen sind nichts anderes, als

die Resultanten der Wirkungen der einzelnen Elektronen. Die Influenz oder elektrostatische Induktion beruht darauf, daß in einem neutralen Körper unter dem Einfluß einer in der Nähe befindlichen Ladung die beweglichen negativen Elektronen sich im dieser Ladung nächsten oder entferntesten Körperteile ansammeln, je nachdem die induzierende Ladung positiv oder negativ ist. Der elektronenarme Teil des Körpers erscheint dann positiv, der elektronenreiche negativ elektrisch.

Damit sind im Prinzip die elektrostatischen Erscheinungen erschöpft. Was weiter in dieser Disziplin behandelt zu werden pflegt, sind teils Komplikationen der erwähnten einfachen Wirkungen, teils Erscheinungen, die eigentlich schon in die Lehre von der Elektrizitätsbewegung gehören und aus Zweckmäßigkeitsrücksichten in die Elektrostatik hereingenommen werden. So z. B. der elektrische Funke, der einen Übergang negativer Elektronen durch hinreichend dichte Gase unter Licht-, Wärme- und Schallwirkungen darstellt.

Elektronen, die sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegen, rufen die Erscheinungen des galvanischen Stromes und der Magnetostatik hervor. Wie schon aus dem elektrochemischen Verhalten der Metalle zu erschließen ist, geben die Metallatome leichter als andere negative Elektronen frei. Ferner ist anzunehmen, daß innerhalb der Metalle solche negativen Elektronen relativ frei beweglich sind. Darauf beruht die gute Leitfähigkeit der Metalle, ihr geringer elektrischer Widerstand. Denn der elektrische Strom kann nach der dargelegten Auffassung nichts anderes sein, als die Bewegung einer großen Zahl von negativen Elektronen durch den Leiter hindurch.

In den Leitern erster Klasse, den Metallen vor allem, sind es freie negative Elektronen, die den Strom bilden. Man erkennt wieder die Annäherung der Hypothese an die unitarische Darstellungsweise; nur existiert in Metallen nicht der konventionell angenommene positive Strom, sondern ein negativer.

Anders verhält sich die Sache bei den Leitern zweiter Klasse, den Elektrolyten. Dort wird der Strom nicht durch freie negative Elektronen, sondern durch positive und negative Ionen gebildet. Diese Ionen sind Atome oder Atomgruppen, die ein oder mehrere negative Elektronen zu viel oder zu wenig haben, je

nachdem sie ein oder mehrwertig sind. So geben die Metallatome positive Ionen, weil sie leicht negative Elektronen loslassen, Sauerstoffatome werden zu zweiwertigen negativen Ionen, weil sie in neutralem Zustande noch zwei negative Elektronen an sich zu fesseln vermögen. Nach der wohlbegründeten Auffassung der Dissoziationstheorie von Clausius, Arrhenius und anderen bewegen sich in einem Elektrolyten vor dem Schluß eines Stromes durch denselben die Ionen in allen möglichen Richtungen durcheinander; bald vereinigen sich Ionen zu neutralen Molekeln bei zufälligen Zusammenstößen, bald zerfallen neutrale Moleküle in Ionenpaare. Geht aber ein Strom durch den Elektrolyten, so kommt Ordnung und Richtung in das Bewegungsgewirr der Ionen; die positiven, wie Metall- und Wasserstoffionen, gehen zur Kathode, die negativen, wie Sauerstoff und Säurereste, gehen zum positiven Pol. Dort liefern die letzteren ihre überschüssigen negativen Elektronen ab und werden so zu neutralen Atomen und Atomgruppen, die sich auf der Anode ablagern, als Gas aufsteigen, in der Flüssigkeit als solche oder nach weiteren rein chemischen Prozessen verbleiben, je nach der Natur des Elektrolyten und der Elektroden. Die positiven Ionen, denen es an negativen Elektronen mangelt, entnehmen diese der Kathode und werden dadurch neutral.

Auch die Leitung der Elektrizität durch Gase setzt eine Ionisation derselben voraus. Diese kann durch die Einwirkung des Lichtes, radioaktiver Substanzen usw. zustande kommen. So spielen auch bei den Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität die Elektronen eine wichtige Rolle, welche namentlich von Elster und Geitel eingehend untersucht worden ist. Für die Entstehung der atmosphärischen Elektrizität kommen wahrscheinlich verschiedene Einflüsse in Betracht, wie der des Sonnenlichtes und die Ionisation der Bodenluft durch die radioaktiven Substanzen der Erde.

Die Elektrizitätsbewegung in den stark verdünnten Gasen der Kathodenstrahlenröhren besteht in einem Doppelstrome, wie bei den Elektrolyten. Der negative Strom wird von den aus schnell bewegten negativen Elektronen bestehenden Kathodenstrahlen gebildet, der positive von den Kanalstrahlen, die weniger rapide fliegende positiv geladene Atome oder Atomgruppen darstellen.

Die Wärmewirkungen des galvanischen Stromes beruhen auf dem bewegenden Einfluß, den die fließenden kleinen Ladungen auf die Moleküle und Atome des Leiters ausüben.

Die elektrodynamischen Wechselwirkungen konstanter Ströme sind Summationswirkungen der einzelnen, diese Ströme bildenden Elektronen. Die Wechselwirkungen von Strömen und Magneten sind nichts anderes; denn der Magnetismus ist entsprechend den Hypothesen der Molekularmagnete und der Ampèreschen Molekularströme aufzufassen. Nur sind natürlich die kleinen gleichgerichteten Kreisströme im Magneten, die dessen magnetische Eigenschaften hervorrufen, nichts als in Kreisen in den Molekeln schwingende Elektronen. Die Erscheinungen der Magnetostatik, die magnetischen Fern- und Wechselwirkungen, sind Summationseffekte der Wirkungen der in Cyklen schwingenden Elektronen.

Ändert sich in einem Stromkreise die Stromstärke, so muß entweder die Zahl oder die Geschwindigkeit der sich bewegenden Elektronen eine andere werden. Solche Änderungen der Stromstärke rufen sowohl im Stromkreise selbst als in benachbarten Leitern Induktionserscheinungen hervor, die sich wieder als Summationswirkungen der ungleichförmig fließenden Elektronen auf sich selbst oder auf die anderer Leiter darstellen. Im ersteren Falle haben wir die Erscheinung der Selbstinduktion oder des Extrastromes, im letzteren die der Induktion in benachbarten Leitern. Ist die ungleichförmige Elektronenbewegung eine periodisch schwingende, so treten optische Erscheinungen oder diesen analoge Phänomene auf.

Die Stromstärke eines Flusses von Elektronen ist natürlich sowohl proportional der Zahl der strömenden Elektronen als auch ihrer Geschwindigkeit. Wird der Strom durch ein einziges sich bewegendes Elektron dargestellt, so ist die Stromstärke einfach der Geschwindigkeit proportional. Beschleunigen wir die Bewegung, so nimmt die Stromstärke zu. Bei zunehmender Stromstärke muß aber ein Extrastrom entstehen, der verhindert, daß die Stromstärke plötzlich, unstetig, mit einem Ruck zunimmt. Wenn aber infolge des Extrastromes die Stromstärke nur stetig zunehmen kann, so heißt das nichts anderes, als daß die Geschwindigkeit des Elektrons nur stetig zunehmen kann, daß das

Elektron sich verhält wie ein träger Körper. Denn als Trägheit bezeichnen wir die Eigenschaft von Körpern, unter beschleunigenden Einwirkungen nur stetig an Geschwindigkeit zu gewinnen.

Wir können den Sachverhalt anders ausdrücken. Ändert ein Elektron seine Geschwindigkeit, so wirkt diese Geschwindigkeitsänderung beschleunigend oder verzögernd auf andere Elektronen. Aber auch das Elektron selbst unterliegt diesem Einfluß. Die Wirkung auf andere Elektronen stellt sich, durch Häufung der gleichen Erscheinung verstärkt, uns als Induktion dar, die Beeinflussung der eigenen Bewegung als Selbstinduktion. Und zwar muß nach den einfachen Induktionsgesetzen eine Beschleunigung des Elektrons induktiv eine Kraft erzeugen, die dieser Beschleunigung entgegenwirkt, eine Verzögerung aber eine Kraft, welche dieser sich widersetzt. Diese durch elektrische Induktion entstehenden Kräfte, die sich jeder Bewegungsänderung widersetzen, rufen dadurch die Erscheinung der Trägheit der Elektronen hervor.

Man darf daher die Behauptung von der nur scheinbaren Trägheit der Elektronen nicht mißverstehen. Die Elektronen sind tatsächlich träge, setzen jeder Änderung ihrer Bewegung einen Widerstand entgegen; aber diese Trägheit offenbart sich, und das ist das Neue gegenüber der alten Trägheit der Materie, als subsumierbar unter den Begriff der elektrischen Induktion. Trägheit und Induktion sind ein und dieselbe Sache, gehorchen den gleichen Gesetzen; es handelt sich um die gleichen Kräfte, nur manifestieren sie sich als Trägheit bei der Wirkung eines Elektrons auf sich selbst, als Induktion bei der Wirkung des Elektrons auf andere.

Die Erkenntnis, daß sich die Trägheit der Elektronen als ein Spezialfall der Induktion, als Selbstinduktion auffassen läßt, macht die Variabilität derselben mit der Geschwindigkeit erklärlich. In der Tat ergibt sich diese Inkonstanz, wenn man berücksichtigt, daß sich die elektromagnetischen Wirkungen nicht zeitlos, sondern mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum fortpflanzen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen hat Abraham einen Ausdruck für die Trägheit des Elektrons ausgerechnet, der sich als eine Potenzreihe darstellt. Diese schreitet nach den Quadraten des Verhältnisses von Elektronengeschwindigkeit und Licht-

geschwindigkeit fort und alle ihre Koeffizienten sind positiv und kleiner als eins. Daraus ergibt sich, daß die Trägheit der Elektronen ziemlich konstant bleibt, solange die Elektronengeschwindigkeit recht weit hinter der Lichtgeschwindigkeit zurückbleibt. Nähert sich aber erstere der letzteren, so nimmt die Trägheit immer rapider zu.

Die Übereinstimmung zwischen den Kaufmannschen Messungen, die dieses Wachstum der trägen Masse der Elektronen bei steigender Geschwindigkeit erschließen ließen, und den theoretischen Resultaten, die in Abrahams Formel liegen, bildet eine wesentliche Stütze der kinetisch-elektrischen Naturanschauung gegenüber der kinetisch-elastischen. Letztere hat als Grundprinzipien zur Erklärung aller Naturerscheinungen einerseits die Trägheit der Massen, andererseits Druck und Stoß. Die kinetisch-elektrische Naturauffassung hat nur ein einziges Grundprinzip: es besteht in den Wirkungsweisen der Elektronen, die diese zu elektrischen Ladungen stempeln. Die Erscheinung der Trägheit ergibt sich aus dem Charakter der Elektronen als Elektrizitätsquanten, und zwar ergibt sich hieraus gleichzeitig die experimentell gefundene Variabilität der Trägheit mit der Geschwindigkeit.

Die kinetisch-elektrische Theorie hat gegenüber der kinetisch-elastischen den Vorzug einer größeren Einheitlichkeit. Für erstere ist die Trägheit kein besonderes Grundprinzip, sondern eine Konsequenz ihres einzigen Grundprinzipes: die Elemente der materiellen Welt sind elektrische Ladungen. Beide Naturauffassungen haben das gemein, daß sie alle Bewegungen durch zweierlei bestimmt sich vorstellen. Erstens durch etwas, das dem Bewegten sofort unendliche Geschwindigkeit erteilen würde, wenn nicht zweitens das Bewegte etwas hätte, vermöge dessen die Geschwindigkeit sich nur allmählich und stetig verändern kann. Mit anderen Worten, die beiden kinetischen Naturanschauungen beschreiben alle Bewegungen mit Hilfe des Begriffspaares Kraft und Trägheit. Die Kraft würde jedem Teilchen sofort unendliche Geschwindigkeit geben, die Trägheit widersetzt sich dem, so daß nur stetige Änderungen der Geschwindigkeit möglich sind. Die Kräfte sind nach der kinetisch-elektrischen Auffassung überall elektrische, aber auch die Trägheit ist nichts

anderes als eine Wirkung derselben elektrischen Kräfte; diese Kräfte suchen eben zum Teil dem Elektron im Momente unendliche Geschwindigkeit zu verleihen, zum Teil widersetzen sie sich diesem Bestreben, und es resultieren endliche Beschleunigungen.

Das Begriffspaar der Kraft und der Trägheit wird demnach auf den einen Begriff der elektrischen Kraft reduziert, diese elektrischen Kräfte wirken teils Bewegung ändernd, teils sich der Bewegungsänderung widersetzend.

Dabei bleibt eins zu beachten. Als das Wirkliche haben wir stets die bewegten Elektronen, in letzter Linie also bewegte Qualitäten zu betrachten. Die Bewegungen werden durch die Konstellation der Elektronen nach bestimmten Gesetzen bestimmt, die mathematisch sich als Differentialgleichungen darstellen. Für bestimmte Größen in diesen Gesetzen hat man die Bezeichnung Kräfte eingeführt. Andere Faktoren nennt man Massen, ev. scheinbare Massen. Diese Namengebungen schließen sich an einfache alltägliche Erfahrungen an. So zeigt sich, daß bei durch unsere Muskeln an Körpern, Elektronenkomplexen, erzeugten Bewegungen unsere subjektive Wahrnehmung einer Kraftanstrengung mit jener mathematischen Größe wächst, in etwa durch sie ausgedrückt wird. Ebenso wächst die Wahrnehmung eines Widerstrebens gegen die Bewegung mit jenem Faktor, den man als Beharrungsvermögen oder Massenträgheit bezeichnet. Daher sprechen wir auch von Kräften, von trägen Massen, wo diese Wahrnehmungen fehlen, wenn nur die betreffenden mathematischen Ausdrücke in den einen Vorgang darstellenden Gesetzen sich finden.

Mit anderen Worten, eine Bewegung kann durch physiologische Konstellationen zustande kommen, die mit dem Bewußtseinsinhalte einer Kraftwahrnehmung verbunden sind. Wir übertragen diese Erfahrung auf alle Fälle, wo Bewegungen erzeugt werden, und sprechen so von bewegenden Kräften auch da, wo ein Kraftbewußtsein fehlt.

Ob in allen Fällen, wo Bewegungsänderungen vorkommen, neben den diese Änderungen bestimmenden Konstellationen, sagen wir von Elektronen, noch in der Außenwelt Realitäten sich finden, die als Kräfte zu bezeichnen wären, muß von uns dahingestellt bleiben. Diese Kräfte müßten nach unseren Annahmen als etwas

Seiendes im Grunde Qualitäten sein. Wir hätten also neben jenen Qualitäten, die die Elektronen ausmachen, in den Augenblicken der Wirksamkeit noch besondere wandelbare Qualitäten, die die wirkenden Kräfte der Elektronen ausmachen würden.

Zur Beantwortung dieser Frage müßte man versuchen, Analogien zu finden in dem Gebiete unseres Wissens, wo wir einen Einblick haben in das Spiel der Qualitäten. Man müßte psychologische Erfahrungen heranziehen und untersuchen, ob dort beim Wirken gewisser Konstellationen während des Wirkens neue Qualitäten sich zeigen, die recht eigentlich als das den Kausalzusammenhang Bildende, als Kräfte aufzufassen wären.

Der Naturwissenschaftler kann von solchen Untersuchungen, deren Resultat immer nicht gerade von zwingender Überzeugungskraft sein wird, absehen. Er nimmt nur dort Realitäten an, wo die Regelmäßigkeitsvoraussetzung bei Betrachtung der Außenweltsvorgänge sie fordert. Mag die Entscheidung obiger Frage ausfallen, wie sie wolle, so scheint uns doch immer sicher, daß die Regelmäßigkeitsvoraussetzung ohne die Annahme von Kräften vollauf befriedigt wird. Die Hinzunahme der Kräfte scheint uns daher für den Naturwissenschaftler überflüssig, ja unnötige Komplikationen hervorrufend, wenn sie mehr sein soll, als eine kurze Bezeichnung. Jede rein kinetische Naturauffassung kennt nichts als eine Zahl bewegter Dinge, mögen diese Elektronen heißen oder wie auch immer; der Bewegungszustand dieser Dinge im folgenden Zeiteilchen ist durch den Lage- und Bewegungszustand im vorhergehenden Zeiteilchen vollständig gesetzmäßig bestimmt. Es muß daher überflüssig erscheinen, wenn der Naturwissenschaftler von seinem Standpunkte aus zur Vermittlung dieses gesetzmäßig bestimmten Zusammenhanges noch weitere Realitäten, Kräfte, einschieben will.

Denn nach der Einführung der Kräfte wäre die Situation nur komplizierter, nicht aber wesentlich verändert. Die Kräfte müssen ja nach unserer Voraussetzung als Realitäten Qualitäten sein, ebenso wie die in Zusammenhang zu bringenden anderen Realitäten, Elektronen etwa. Durch die Hinzufügung der Kräfte würden also nur zwischen die in gesetzmäßigen Zusammenhängen irgendwelcher Art stehenden Qualitäten neue eingeschoben. Die Sache

bliebe dieselbe, nur daß jetzt der gesetzliche Zusammenhang zwischen einer größeren Zahl von Qualitäten bestände.

Es scheint uns aus alledem zu folgen, daß die Naturwissenschaft die Kräfte als reale Existenzen entbehren kann und entbehren sollte. Sie kennt nur die letzten bewegten Elemente, die Elektronen etwa, und ihre Bewegungen, die aus der Lage der Elemente und ihrem Bewegungszustande folgen. Aber noch einmal sei betont, daß die Möglichkeit offen bleibt, daß etwa neue Qualitäten beim Wirken auftreten, die die Bezeichnung Kräfte annehmen könnten, oder daß sich die die Elektronen bildenden Qualitäten je nach den Umständen wandeln.

Nach diesen Erörterungen über den Kraftbegriff ergibt sich uns die Stellungnahme in einer weiteren Frage von selbst, die wir bis zu dieser Stelle zurückgeschoben haben. Wir denken an die vielumstrittenen Fernwirkungen.

Da versteht es sich denn von selbst, daß die Annahme von Fernwirkungen mit der Regelmäßigkeitsvoraussetzung durchaus verträglich ist, sich als ganz geeignet erweist, die letztere zu befriedigen. Es ist für diese grundlegende Voraussetzung alles induktiven Denkens ganz gleichgültig, ob die in gesetzlichem Zusammenhang stehenden Existenzen sich räumlich berühren. Daß der Regelmäßigkeitsvoraussetzung Genüge geschehen kann durch die Annahme von Fernkräften, zeigen die Fassungen des Gravitationsgesetzes sowie der elektrischen Gesetze, die auf jener Annahme beruhen. Der Physiker tut, als ob Gravitation und Elektrizität durch den leeren Raum hindurch in die Ferne wirken, und ist so imstande, die gesetzlichen Zusammenhänge festzulegen.

Ist von diesem Standpunkte nichts gegen die Fernwirkungen einzuwenden, so drängt sich die Frage auf, woher die Abneigung gegen diese Wirkungen und die nicht zu leugnende entschiedene Bevorzugung der entgegengesetzten Annahme stammt. Die Antwort lautet: es ist der Zwang zahlreicher einfacher und alter Erfahrungen, der diese Wertung bedingt. Überall drängt es sich dem naiven Menschen auf, daß die Dinge dort wirken, wo sie sind. Vermag doch der Mensch selbst nur zu wirken, wo er steht, wo seine Hände zufassen. Seine Instrumente üben ihre Wirkungen nur bei der Berührung aus. Die Flamme zündet

für den naiven Menschen nur das, was sie erreichen kann, der Blitz zerstört nur, was er trifft. Demgegenüber fallen diejenigen Erscheinungen, die sich wenigstens zunächst als Fernwirkungen darstellen, weniger auf, weil sie dem einfachen Menschen zu selbstverständlich sind. Er denkt beim Fallen der Steine überhaupt nicht an eine Wirkung der Erde auf diese. Und andere Fernwirkungen spielen in seinem Leben überhaupt keine Rolle, wie die elektrischen und magnetischen Anziehungen und Abstoßungen.

Es ist nach diesen Betrachtungen nicht weiter auffällig, weshalb uns allen die Wirkungen bei räumlichem Zusammensein erklärlicher, weniger sonderbar erscheinen als Fernwirkungen. Die Menschheit, wir alle sind von der ersten Kindheit an an Berührungswirkungen gewöhnt, keineswegs aber an die Auffassung von Fernwirkungen. Erstere sind uns daher vertraut und erscheinen uns verständlich, letztere sind uns ungewohnt, fallen uns als etwas Besonderes auf und erheischen wie alles Besondere, Auffällige, eine Erklärung.

Etwas anderes kommt hinzu. Die wenigstens scheinbaren Fernwirkungen nehmen alle mit der Entfernung schnell ab, sind aber am stärksten bei unmittelbarer Berührung. Der Magnet hält bei Berührung Eisen fest mit unter Umständen beträchtlicher Kraft. Demgegenüber ist die Anziehung auf Entfernung viel schwächer, weniger in die Augen fallend.

Es versteht sich von selbst, daß jener gegen die Fernwirkungen sich auflehnende psychische Zwang unsere Entscheidung über ihr Vorhandensein nicht beeinflussen darf. Das hieße, die durch den Zufall beherrschten rohen Erfahrungen des täglichen Lebens zum Richter in einer Streitfrage machen, für deren Lösung von beiden einander gegenüberstehenden Seiten denn doch auch wissenschaftlich verfeinerte Erfahrungen beigebracht werden können. Oft hat ein solcher psychischer Zwang der Anerkennung unzweifelhafter Wahrheiten lebhaften Widerstand geleistet; so in der Frage nach der Existenz von Antipoden, nach der Bewegung der Erde und in vielen anderen. In diesen Fällen war der psychische Zwang nicht minder stark, wie in dem unsrigen, und wie in unserem Falle verdankte auch bei jenen Fragen der irreführende psychische Zwang seine

Entstehung rohen, zu wenig präzisierten Erfahrungen; ferner der Unkenntnis anderer Erfahrungen, die zu wenig in die Augen fielen.

Aus alledem ergibt sich, daß wir uns von diesem psychischen Zwange nach Möglichkeit freimachen müssen, wenn wir zu einer gerechten Beurteilung der Fernwirkungsfrage gelangen wollen. Befreiend wirkt in dieser Hinsicht die Erinnerung daran, daß der wahrgenommene Raum subjektiv ist, und daß das, was wir als Außenweltraum bezeichnet haben, von diesem Raume recht verschieden sein mag. Was sich also in den Sinnesräumen als ein voneinander räumlich Getrenntsein darstellt, mag im Außenweltraum ein Unterschied, ein Getrenntsein ganz anderen Charakters sein. Und wenn uns eingewurzelte, aber unscharfe und lückenhafte Erfahrungen das Überspringen von Entfernungen im Wahrnehmungsraume unbegreiflich und damit schließlich unglaublich erscheinen lassen, so verschwindet der sich hierin aussprechende psychische Zwang bei der Vorstellung, daß die wahrgenommenen Entfernungen subjektiv sind und daß ihnen objektiv Unterschiede ganz anderer Art entsprechen können.

Durch diese Ausführungen soll nichts geschehen, als ein Vorurteil beseitigt werden. Die Entscheidung über die Frage nach der Existenz von Fernwirkungen ist nun unter Berücksichtigung aller erreichbaren und hinreichend scharfen Erfahrungen zu versuchen. Und es scheint zunächst die Sache der Verteidiger der Fernwirkungen günstig zu stehen. Denn die Gravitation tritt uns als eine Fernwirkung größten Stiles entgegen. Seit Newtons Tagen bis heute sind keine Erfahrungen beigebracht worden, die den Charakter der Gravitation als einer Fernwirkung im mindesten auch nur hätten erschüttern können. Alle Angriffe auf sie haben nicht den schwächsten Rückhalt an exaktem Beobachten; sie stellen sich als Hypothesenbildungen dar, die lediglich jenem psychischen Zwang entsprungen sind, der wissenschaftlich so wenig zu bedeuten hat. Von diesem Vorwurf kann man nur bedingungsweise die schon angedeutete elektrische Theorie der Gravitation freisprechen. Bei dieser kommen in der Tat auch andere Gründe in Betracht.

Newtons Forschergröße bewährte sich in der Vorsicht, mit der er die Frage nach dem Fernwirkungscharakter der

Gravitation unentschieden ließ. Seine Zeitgenossen und Nachfolger waren schneller mit ihrer Stellungnahme fertig. Es blieb bei der Verwerfung der Fernwirkungen, bei der Zurückführung alles Wirkens auf Druck und Stoß. Diese Zurückführung blieb wenigstens als Ideal, obwohl dies stets recht weit von der Erfüllung entfernt bleiben mußte.

Betrachten wir das Ideal dieser mechanischen Naturauffassung einmal näher, so haben wir zu untersuchen, was Druck und Stoß eigentlich sind. Freilich stellen sich beide zunächst als Vorgänge dar, die sich unter Berührung abspielen. Wenn ein Körper einen zweiten stößt, so bewegt er sich auf ihn zu, berührt ihn, und dann bewegen sich entweder beide Körper oder nur einer von ihnen. Dabei bleibt die Berührung bestehen, wenn es sich um den Stoß unelastischer Körper handelt; sie geht verloren beim Stoße elastischer Körper. Wie geht nun die Bewegungsübertragung beim Stoß vor sich? Die beiden einander treffenden Körper werden deformiert. Diese Deformation bedeutet eine Verschiebung der Molekel aus ihrer früheren Gleichgewichtslage. Beim elastischen Stoß kehren die Molekel wieder in diese Gleichgewichtslage zurück, beim unelastischen nicht. Indessen gibt es keine vollkommen unelastischen Körper. Auch müßten, wenn alle Bewegungsübertragungen im Grunde durch unelastischen Stoß, durch Schieben zustande kämen, schließlich alle Massenteilchen sich zu einem Ganzen zusammenballen. Betrachten wir also eine Deformation, die innerhalb der Elastizitätsgrenze bleibt. Diese kann nach den Voraussetzungen der Molekulartheorie nur in einer Verschiebung, zum größeren Teil beim Stoß aber nur in einer Annäherung der Molekel bestehen. Dieser Deformation, dieser Verschiebung und Annäherung der Moleküle widersetzt sich eine Kraft, die nach dem Stoß die Deformation rückgängig macht. Damit eine Annäherung der Teilchen möglich war, mußten diese voneinander entfernt sein. Die Kraft, die sich der Annäherung der Molekel widersetzte, mußte demnach eine Fernkraft sein und zwar eine abstoßende. Betrachten wir aber die Molekel, die durch die Deformation voneinander entfernt, etwa durch den Stoß zur Seite gequetscht wurden, so ergibt sich, daß sie während der Deformation voneinander entfernt waren, selbst wenn sie vorher einander berührt

hätten. Die Wirkung, die an diesen Stellen der Deformation entgegenstrebt, sie rückgängig macht, ist also hier eine Anziehung auf Entfernung.

Allgemeiner ausgedrückt führt die Molekularmechanik die Erscheinungen bei Druck und Stoß zurück auf anziehende und abstoßende Kräfte, die zwischen den Molekeln über die diese trennende Entfernung hinweg wirken. Daß aber zwischen den Molekülen Entfernungen bestehen, geht daraus hervor, daß derselbe Körper je nach dem Druck, der auf ihn wirkt, je nach seiner Temperatur usw. größer und kleiner wird, obgleich seine Molekel, in anderen Fällen wenigstens seine Atome, stets das gleiche Volum behalten.

Nach der wohlbegründeten Auffassung der Physik sind also die Grundwirkungen der alten mechanischen Naturauffassung, Druck und Stoß, Vorgänge, welche auf Anziehungen und Abstoßungen beruhen, die sich zum mindesten vorläufig als Fernwirkungen ergeben. Wenn also z. B. Le Sage die Gravitation auf den Stoß seiner „ultramundanen“ Körperchen zurückführte, die durch den Weltraum schwirrten und die einander zugekehrten Seiten zweier Weltkörper weniger trafen, weil diese sich gegenseitig schützten, so war damit nur die Wirkung auf große Entfernungen durch die über kleinere Abstände hinweg ersetzt. Damit ist im Prinzip wenig gewonnen. Denn wenn die Fernwirkung an sich unglaublich wäre, so müßte es belanglos sein, ob es sich um große oder kleine Entfernungen handelt.

Die kinetisch-elastische Weltauffassung mußte nach dem Erörterten wenig Glück haben mit ihrem Ideal einer Beseitigung aller Fernwirkungen. Es gelang ihr höchstens, die Fernwirkungen auf große Distanzen durch solche auf sehr kleine Abstände zu ersetzen. Und selbst die einfachsten Wirkungen, die scheinbar direkte Berührung erforderten, lösten sich bei genauer Betrachtung in Fernwirkungen auf molekulare Abstände hin auf.

Sprach alles dies sehr zugunsten der Fernwirkungen, so zeugte mehr zu ihren Ungunsten die Entdeckung, daß sich die elektrisch-magnetischen Wirkungen nicht zeitlos, sondern mit einer endlichen, wenn auch großen Geschwindigkeit, mit 300 000 km in der Sekunde, durch den von aller greifbaren Materie entleerten Raum fortpflanzen. Die elektrisch-magnetischen

Wirkungen stellten sich neben den Erscheinungen der Gravitation zunächst als Fernwirkungen par excellence dar. Nun wurde gezeigt, daß die scheinbaren Fernwirkungen eine Eigenschaft haben, die man bisher nur bei durch materiellen Kontakt vermittelten Wirkungen kannte, daß sie sich zeitlich fortpflanzen, wie der Schall in Gasen, flüssigen und festen Körpern. Da man angenommen hatte, die Fernwirkungen erforderten keine Zeit zum Überspringen der Distanzen, mußte die Entdeckung befreiend allen denen erscheinen, die die Fernwirkungen als etwas Mysteriöses, aus der Wissenschaft zu Eliminierendes ansahen.

Wir haben schon den Versuch einer elektrischen Erklärung der Gravitation mehrfach erwähnt und ausgeführt, daß eine Zurückführung der allgemeinen Massenanziehung auf elektrische Kräfte eine Ausbreitung derselben mit endlicher Geschwindigkeit voraussetzt. Der Nachweis dieser zeitlichen Fortpflanzung von Gravitationswirkungen würde eine glänzende Verifikation der kinetisch-elektrischen Naturauffassung sein. Bisher ist er allerdings noch nicht gelungen. Würde er aber gelingen, so wäre damit für die scheinbar so schlagenden Fälle von großen Fernwirkungen der Beweis der zeitlichen Ausbreitung erbracht. Und auch alle die kleinen scheinbaren Fernwirkungen zwischen Molekülen, Atomen und Elektronen müssen sich zeitlich fortpflanzen, wenn jene Hypothese zutrifft, nach der alle Kräfte im Grunde elektrische sind, von den Elektronen als den Bausteinen der Materie ausgeübt werden.

Nun ist aber zu betonen, daß mit dem Nachweis der zeitlichen Ausbreitung der Fernwirkungscharakter einer Naturerscheinung durchaus nicht als widerlegt anzusehen ist. Die zeitlose Fortpflanzung würde zwar sehr gegen die Annahme der materiellen Vermittlung einer scheinbaren Fernkraft sprechen, weil wir überall sehen, daß solche Vermittlungen Zeit erfordern oder, wie wir auch sagen können, weil wir keine inkompressiblen Körper kennen. Aber umgekehrt spricht der Nachweis der zeitlichen Ausbreitung nicht so sehr gegen den Fernwirkungscharakter, denn es ist durchaus nicht unverständlich, daß eine Wirkung zum Überschreiten eines wenn auch leeren Raumes eine entsprechende Zeit gebraucht. Der Sachverhalt ist also der, daß eine zeitlose Ausbreitung sehr für eine Fernwirkung sprechen würde, daß der

Nachweis einer zeitlichen Ausbreitung zwar die Annahme einer echten Fernwirkung einer starken Stütze beraubt und die einer materiellen Vermittlung möglich macht; aber eine Entscheidung wird durch diesen Nachweis noch nicht herbeigeführt. Vielmehr bleibt die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß auch echte Fernwirkungen sich zeitlich, mit endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen.

Wenn wir weiteres Material zur Untersuchung der Fernwirkungsfrage beibringen wollen, so liegt es nahe, nach dem Etwas zu suchen, das die materielle Vermittlung der scheinbaren Distanzwirkungen, sagen wir der Elektronen, übernehmen könnte. Die Luft oder ein anderer chemisch bekannter Stoff kann nicht der Überträger dieser Wirkungen sein; denn diese gehen auch im luftleeren Raume vor sich. Es ist bekannt, daß die materielle Vermittlung der elektrischen Wirkungen einer wesentlich von allen anderen bekannten Stoffen verschiedenen Substanz, dem sogenannten Weltäther, aufgebürdet wird. Die Frage nach der Vermittlung der scheinbaren Fernwirkungen hängt aufs engste mit der Ätherfrage zusammen.

Gibt es von weiteren Erfahrungen ableitbare Gründe, die für die Existenz des Weltäthers sprechen, so ist damit die Möglichkeit einer Vermittlung der Fernwirkungen wieder etwas wahrscheinlicher geworden, wenn auch die Existenz des Äthers noch keine vollständige Entscheidung geben würde. Nun scheint es aber leicht, zu zeigen, daß es keine anderen Gründe für die Annahme eines Äthers geben kann, als die, welche ihn zur Vermittlung der scheinbaren Fernwirkungen fordern. Denn nach der von uns besprochenen Hypothese des Aufbaues der greifbaren Materie aus Elektronen gibt es überhaupt keine anderen Wirkungen als die zum mindesten scheinbaren Fernwirkungen zwischen diesen winzigen Elektrizitätsquanten. Auf die Wirkungen elektrisch-magnetischen Charakters sind demnach für den Anhänger der kinetisch-elektrischen Naturauffassung alle anderen Erscheinungen zurückzuführen. Fordern diese elektrisch-magnetischen Wirkungen nicht den Äther als vermittelndes Medium, so bleibt nichts übrig, aus dem er erschlossen werden könnte, da es ja für den Blick des Forschers nichts anderes gibt, als die Elektronen mit diesen einzigen Wirkungen.

Übrigens findet auch jene Naturauffassung, die beim Atom

stehen bleibt, für die Annahme des Äthers keine weitere Stütze. Auch sie fordert den Äther nur deshalb, weil sie die Fernwirkungen verwirft. Er muß auch nach dieser Auffassung die Wirkungen zwischen den Elementen der greifbaren Materie vermitteln.

Es zeigt sich nämlich, daß dem Äther Eigenschaften zugeschrieben werden müssen, die andere Wirkungen unmöglich machen. Der Äther erweist sich als ungreifbar, als völlig durchdringlich für die ponderable Materie. Man kann nicht den geringsten Widerstand bei der Bewegung der Materie durch den Äther hindurch konstatieren. Die Bewegung durch den Äther geschieht ohne Reibung. Aber bewegte Materie, oder, wenn man will, bewegte Elektronen rufen auch keine nachweisbare Bewegung oder Strömung des Äthers hervor. Würde der Äther durch die durch ihn hindurcheilenden Teilchen verdrängt, so müßten dabei Strömungen entstehen, wie dies in Wasser oder Luft der Fall ist. Durch solche Strömungen müßten die vom Äther vermittelten Wirkungen, wie das Licht, in ihrer Ausbreitung beschleunigt oder verzögert werden; wir sehen ja, wie in entsprechender Weise Luftströmungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles verändern. Mißt man aber die Lichtgeschwindigkeit in der Nähe schnell bewegter Massen, so zeigt sie sich auch bei den feinsten Beobachtungsmethoden völlig unverändert. Auch auf keinem anderen Wege gelingt es, feststellbare Bewegungen des Äthers zu erzeugen. Die Körper gehen eben durch den Äther hindurch, wie durch einen völlig substanzlosen Raum. Der Äther erweist sich dabei als unbeweglich. Er unterscheidet sich in dieser Hinsicht nicht vom absoluten Nichts.

Die Unbeweglichkeit des Äthers ist verständlich nur unter zwei Voraussetzungen. Entweder sind die letzten Elemente der greifbaren ausgedehnten Materie selbst ohne Ausdehnung, d. h. mathematische Punkte. (Sie könnten auch noch allenfalls mathematische Linien sein.) Dann versteht sich von selbst, daß Bewegungen dieser Punkte nicht unbedingt Ätherbewegungen zur Folge zu haben brauchen. Oder die letzten Elemente sind zwar ausgedehnt, aber in ihrem Innern existiert der Äther in derselben Weise und Beschaffenheit, wie außerhalb. Die letzten Teilchen der greifbaren Substanzen sind ganz von Äther durchsetzt und für ihn völlig durchdringlich. Sie gehen durch den

Äther oder der Äther durch sie hindurch, wie durch absolute Leere.

Indessen ist die Vorstellung der Durchdringung der Elemente der Materie durch den Äther dem an die Undurchdringlichkeit der chemischen Stoffe gewöhnten Naturwissenschaftler nicht gerade leicht. Wir müssen allerdings die prinzipielle Zulässigkeit der Annahme zugeben, daß jene Qualitäten, die den Äther bilden, und jene anderen, die die Strukturelemente der greifbaren Materie bilden, denselben Raum erfüllen. Aber es ist leicht verständlich, daß der Physiker die offene Anerkennung der Durchdringlichkeit zu umgehen sucht. Und das geschieht etwa in der Weise, daß man die Strukturelemente der greifbaren Stoffe als modifizierte Stellen im Äther auffaßt — seien diese Stellen nun ausgedehnt oder mathematisch punktförmig. Diese modifizierten Stellen im Äther sind dann als unzerstörbare Individuen zu betrachten. Die Modifikation des Äthers könnte entweder eine Änderung seiner Struktur oder aber seiner Qualität sein.

Die von der Wissenschaft verarbeiteten Erfahrungen lassen keine Entscheidung zwischen allen diesen Möglichkeiten zu. Vielleicht wird eine Beantwortung solcher Fragen nie möglich sein. Deshalb erscheint uns eine gelegentliche Vergegenwärtigung der Möglichkeiten doch nicht ganz zwecklos, wenn wir auch weit entfernt sind, sie zu überschätzen. Auch in diesem Falle ist es die Ansicht des Verfassers, daß sich das wissenschaftliche Denken verhalten sollte wie das des täglichen Lebens. Wo es im Leben nicht gelingt, eine Wahrscheinlichkeit zu gewinnen, da überlegen wir alle wenigstens die Möglichkeiten, und wir richten unser Verhalten nach diesen ein, soweit es angeht. Die Wissenschaft sollte es nicht anders machen, hat es auch stets ebenso gemacht. Auch eine vollständige Aufstellung der möglichen Antworten auf eine Frage gewährt schon eine intellektuelle Befriedigung, wo eine Entscheidung über die Wahrscheinlichkeit nicht erreichbar ist.

Wie dem auch sein mag, jedenfalls entzieht sich uns der Äther durch seine Unbeweglichkeit, Durchdringlichkeit, Ungreifbarkeit völlig, soweit er nicht die Vermittlung der scheinbaren Fernwirkungen übernimmt. Wir hätten also dabei zu bleiben,

daß die einzige schwache Stütze des Äthers in der zeitlichen Fortpflanzung der unbeliebten Fernwirkungen besteht.

An die Unbeweglichkeit des Äthers haben wir noch eine weitere Betrachtung anzuknüpfen. Sollte diese eine absolute sein, so würde sich daraus ergeben, daß die vom Äther fortgepflanzten Wirkungen in ihm nicht in Bewegungen, Ortsänderungen bestehen können. Sie könnten demnach nur in Qualitätsänderungen bestehen, die sich durch den Äther fortpflanzten. Damit wäre die kinetische Naturauffassung an dieser Stelle durchbrochen.

Nun erscheint uns allerdings die kinetische Naturauffassung nicht als ein notwendiges Postulat unseres Geistes. Wir halten auf Grund der Selbstbeobachtung Änderungen der die Außenwelt bildenden Qualitäten für sehr wohl möglich, ja sogar für wahrscheinlich. Indessen zeigten sich uns auf der Grundlage der Erfahrung bisher alle Naturvorgänge als Bewegungen, als Ortsveränderungen, wobei allerdings die Möglichkeit von mit diesen verbundenen Qualitätsveränderungen offen blieb. Nur konnten wir die letzteren vermöge der Natur des Erkenntnisprozesses nicht feststellen. Die kinetische Naturauffassung ist uns eine durchaus der Erfahrung entnommene Hypothese, freilich, oder sagen wir natürlich aber auch mitbedingt durch das Wesen unseres Erkennens der die Erfahrung bildenden Vorgänge. Vielleicht wären nun in der Tat im Äther Qualitätsänderungen, nicht aber Bewegungsänderungen feststellbar. Es bleibt indessen auch die Möglichkeit von Bewegungen im Äther bestehen, die die Fernwirkungen fortpflanzen. Die oben angeführten Beobachtungsergebnisse sprechen nur gegen Bewegungen des Äthers über größere Strecken hin, wie sie entstehen müßten, wenn bewegte greifbare Materie und Äther undurchdringlich füreinander wären. Sehr kleine, etwa rotatorische Bewegungen im Äther sind durch jene experimentellen Ergebnisse durchaus nicht ausgeschlossen. Und wenn man einmal den vermittelnden Äther anerkennen will, so wird man doch geneigt sein, seine Vermittlung als einen Bewegungsvorgang aufzufassen, da ja doch am Anfang und am Ende der Vermittlung Bewegungen stehen. Ist ja doch das Wirkende und das in der Ferne Bewirkte eine Bewegung. Man wird daher auch den Vermittlungsvorgang im Äther eher als einen Be-

wegungsvorgang auffassen, als an dieser Stelle die kinetische Naturauffassung durchbrechen wollen. Sehen wir doch überall, wie Bewegungsvorgänge die Übermittler von Bewegungswirkungen sind.

Die Vermittlung von Bewegungen solcher Art, wie sie durch die elektrisch-magnetischen Fernwirkungen gefordert werden, ist nun nicht ganz einfach. Bei der Annahme eines ganz homogenen, strukturlosen Äthers steht man der Frage nach der Art der Bewegungen im Äther ziemlich ratlos gegenüber. Aber diese Auffassung muß auch so als fernerliegend angesehen werden, da sich alle greifbaren Stoffe als durchaus unhomogen erweisen.

Greift man daher zur Annahme, daß der Äther eine Struktur hat, so handelt es sich darum, eine solche ausfindig zu machen, die den Äther als Träger der elektrisch-magnetischen Wirkungen geeignet erscheinen läßt. Das Problem der Ätherstruktur ist aber als ungelöst zu bezeichnen. Wohl gibt es Modelle, die diese oder jene Eigenschaft des Äthers in stark vereinfachter Weise, unter den geringsten Komplikationen, nachahmen. Anderen Eigenschaften und den weniger einfachen Verhältnissen der Wirklichkeit gegenüber versagen diese Modelle aber vollständig. Sie können daher nicht Grundlagen zu wahrscheinlichen Hypothesen abgeben, so instruktiv ihre Betrachtung sein mag. Auch greifen sie zu völlig unmöglichen Annahmen, wie starren und elastischen Kugeln im Äther. Vollkommen starre Körper kennt die Physik überhaupt nicht. Die Elastizität aber setzt, wie schon auseinandergesetzt wurde, Strukturelemente und Fernkräfte zwischen diesen voraus. Wenn also jemand solchen Modellen auch nur eine ganz entfernte Ähnlichkeit mit einer wirklichen Ätherstruktur zuschreiben wollte, so gelangte er wieder von den Fernkräften auf große Abstände zu denen, die nur über kleinste Distanzen hinaus wirken. Wie eine prinzipielle Beseitigung der Fernwirkungen möglich sein soll, ist auch hier nicht zu ersehen.

Indessen legt vorderhand wohl niemand solchen Äthermodellen einen anderen als rein fiktiven Wert bei. Erwähnung verdient noch jene öfters aufgetretene Auffassung, nach der der Äther aus Elektronenpaaren aufgebaut wäre. Verbindungen eines

negativen und eines positiven Elektrons bilden gleichsam die Moleküle des Äthers. Wir gedachten schon jenes hypothetischen Versuches, aus einem Meer bewegter Elektronenpaare die greifbar materielle Welt mit allen ihren Stoffen entstehen zu lassen. Aber auch hier ist nicht einzusehen, wie die kleinen Fernwirkungen von Elektronenpaar zu Paar entbehrt, auf Kontaktwirkungen reduziert werden könnten. Vielmehr bleiben die ersteren auch hier anzunehmen.

Der Äther erweist sich demnach vorläufig nicht als geeignet, die Fernwirkungen zu beseitigen. Seine Anerkennung vermag höchstens eine Zurückführung der großen Fernwirkungen auf jene kleinsten zu leisten, die sich in der noch völlig dunklen Struktur des Äthers abzuspielen hätten. Wie aber diese Zurückführung zustande kommen soll, davon ist bisher nichts bekannt, davon vermögen nur grobe Modelle eine schwache Ahnung zu geben.

Vielleicht wird aber manchem unter den waltenden Umständen jene Zurückführung überhaupt überflüssig erscheinen. Wenn es doch einmal Fernkräfte geben muß, warum sollen sie da nicht auf große Abstände wirken?

Die Berechtigung dieses Standpunktes soll nicht bestritten werden. Die Ätherannahme fällt. Es bleiben die Elektronen mit ihren Fernwirkungen¹⁾. Vielfach heben sich die Wirkungen auf größere Entfernungen hin auf. Wo sie sich aber in geeigneter Weise summieren, treten die großen Fernwirkungserscheinungen der Elektrizität, des Magnetismus, der Gravitation, wir dürfen hinzufügen des Lichtes und der strahlenden Wärme usw. auf. Denn auch das Licht ist von diesem Standpunkte aus sehr gut als Fernwirkung aufzufassen. Die schwingenden Elektronen des leuchtenden Körpers wirken auf die des beleuchteten in die Ferne, rufen so Fluoreszenz, Phosphoreszenz, chemische oder physiologische Wirkungen usw. hervor. Wird der Lichtstrahl beim

¹⁾ Der Standpunkt erinnert an die Helmholtzsche Auffassung: „Es bestimmt sich also endlich die Aufgabe der physikalischen Naturwissenschaften dahin, die Naturerscheinungen zurückzuführen auf unveränderliche anziehende und abstoßende Kräfte, deren Intensität von der Entfernung abhängt. Die Lösung dieser Aufgabe ist zugleich die Bedingung der vollständigen Begreiflichkeit der Natur.“ Erhaltung der Kraft. Berlin 1847, S. 6.

Durchgang durch einen Körper irgendwie beeinflußt, so heißt das nichts anderes, als daß zu der Wirkung des leuchtenden Körpers die der Elektronen des neuen Körpers modifizierend hinzutritt. Wo aber keine greifbare Materie ist, da existiert auch kein Licht; der Lichtstrahl im leeren Raum ist eine mathematische Fiktion, ohne Realität in der Außenwelt. Man wende nicht ein, der Strahl sei ja doch überall nachweisbar; man brauche nur das Auge oder irgendeinen auf Licht chemisch oder sonstwie reagierenden Körper in den Weg des Strahles zu bringen. Dann beweise er sofort seine Existenz durch seine Wirkungen. Nein, wenn wir einen irgendwie auf Licht reagierenden Körper in den Lichtstrahl bringen, so heißt das nichts anderes, als daß wir diesen Körper unter solche Bedingungen, in eine solche Lage zu dem leuchtenden Körper bringen, daß dieser auf ihn seine Licht zu nennende Fernwirkung ungestört ausüben kann. Eben-
sowenig, wie es reale Lichtstrahlen gibt, gibt es reale Röntgenstrahlen; wohl aber gibt es reale Röntgenwirkungen, und dies sind die Fernwirkungen, die von plötzlich stark ihre Geschwindigkeit ändernden Elektronen herrühren. Vielleicht wird man meinen, die reale Existenz der verschiedenen Strahlenwellen werde durch die Erfahrung bewiesen, daß diese Strahlen sich abblenden lassen, daß ihnen der Weg gesperrt werden kann. Denn die Fernwirkung brauche sich nicht um Hindernisse auf ihrem Wege zu kümmern. Doch erklärt sich jenes scheinbare Hindernis, die Absorption der Strahlenwellen, von dem in Frage stehenden Standpunkt leicht. Der „strahlende“ Körper ruft in dem absperrenden, absorbierenden Fernwirkungen hervor. Diese sind zuletzt Elektronenbewegungen. Die ursprünglichen und die so entstandenen Elektronenbewegungen wirken zusammen auf jenen Körper, Elektronenkomplex, der vor der „Strahlung“ durch den absorbierenden Körper mehr oder weniger geschützt wird. Die Wirkungen heben sich eben teilweise oder völlig auf. Sie interferieren. Die Erscheinung des „Schattens“, des Absperrens der „Strahlenwellen“ beruht also darauf, daß hinter dem schattenspendenden Körper sich die Wirkungen aufheben, die von dem strahlenden Körper direkt ausgehen, und die indirekt durch Vermittlung des absorbierenden Körpers von ihm erzeugt werden. Ist doch auch nach der Ätherwellentheorie der Schatten nichts

anderes, als die Aufhebung jener Wellenzüge durch Interferenz, die um den schattengebenden Körper herumbiegen.

Wir betrachten die zuletzt besprochene Auffassung des Naturgeschehens, die auch den Strahlungsphänomenen in einfacher Weise gerecht wird, als durchaus nicht unwahrscheinlich. Sie bleibt bei den Elektronen und ihren sich zeitlich fortpflanzenden Fernwirkungen stehen. Sie faßt diese Fernwirkungen nicht als scheinbar, sondern als echt auf.

Aber es bleibt auch die entgegenstehende Hypothese möglich, die einen Äther als Vermittler der Fernwirkungen annimmt. Daß auf diesem Wege nur die Fernwirkungen auf große Strecken durch solche auf kleine Abstände ersetzt und erklärt werden, spricht nicht unbedingt gegen die Ätherannahme. Wie die sichtbar großen Körper eine feinere und feinere Struktur aufwiesen, so erweisen sich vielleicht dereinst die sichtbar großen Fernwirkungen auch zusammengesetzt, als Resultat immer feinerer Fernwirkungen. Und wie vielleicht die erreichbar kleinsten Teilchen beim Fortschritt der Wissenschaft wieder in weit winzigere Elemente zerfallen, so nimmt möglicherweise auch der Reduktionsprozeß der Fernwirkungen auf immer kleinere, weniger weit wirkende Fernwirkungen kein Ende. Vielleicht werden unsere elementarsten Fernwirkungen, die der einzelnen Elektronen aufeinander, dereinst zurückgeführt auf, und erklärt durch noch weiter zurückliegende Wirkungen weit kleinerer Teilchen. Alles das sind Möglichkeiten, die wohl verdienen, einmal betrachtet zu werden, bei denen jedoch der exakte Forscher nicht zu lange verweilen wird. Denn das von der Wissenschaft gewonnene Erfahrungsmaterial gestattet keine Entscheidung zwischen ihnen.

Es scheint dem Verfasser, als ob die Chancen der Ätherhypothese einst günstiger gestanden hätten als heute. Wir meinen, daß der Nachweis der wesentlichen Identität von elektrischen und optischen Erscheinungen und der zeitlichen Fortpflanzung der elektrisch-magnetischen Wirkungen die Annahme eines Äthers nicht gestützt, sondern eher erschüttert hat. Als die Undulationstheorie des Lichtes geschaffen wurde, ergab sich die Ätherhypothese in ganz natürlicher Weise. Das Licht zeigte mit dem Schalle völlig verwandte Erscheinungen. Licht und Schall werden reflektiert, gebrochen, ergeben Interferenzerscheinungen. Daher

lag nichts näher, als das Licht als eine Strahlung longitudinaler Wellen aufzufassen. Besonders die Interferenzerscheinungen konnten von den Gegnern der Wellentheorie nur in gezwungener Weise durch Häufung von Annahmen erklärt werden. Newtons Genie gehörte dazu, die Emissionstheorie auch auf diesem Gebiete durchzuführen. Als die durch Newtons Namen geschaffene Suggestion nachließ, mußte die natürlichere Schwingungstheorie zum Siege kommen. Sie gewann Anerkennung zunächst in der Form, die am nächsten lag, die ihr Huggheens gegeben hatte. Wenn das Licht wie der Schall eine longitudinale Wellenbewegung ist, so erfordert es wie dieser ein Medium zur Fortpflanzung in allen den Räumen, durch die es strahlt. Daraus ergibt sich, daß dies Medium nicht die Luft sein kann. Denn das Licht geht ebenso durch luftleere, wie luftgefüllte Räume. Aber es lag doch nahe, das Medium, den Äther als etwas Gasähnliches, nur von bedeutend feinerer Beschaffenheit als die bekannten Gase, aufzufassen. Der so unendlich feine Äther mochte den Bewegungen der groben Materie keinen merklichen Widerstand entgegensetzen. Er konnte durch die Poren auch der dichtesten Stoffe ohne Schwierigkeit hindurchdringen, so daß er in jeden Raum gelangte, aus keinem entleert werden konnte. Wegen seiner Feinheit entzog er sich der Gravitation ganz oder fast völlig, so daß er nicht als Atmosphäre an die großen Weltkörper gebunden war.

Eine Schwierigkeit bestand in der hohen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, die ganz andere Elastizitätsverhältnisse voraussetzte, als die bei Gasen beobachteten.

Die Entdeckung der Polarisationserscheinungen veranlaßte eine Modifikation der Lichthypothese. Die Polarisationserscheinungen beweisen, daß nicht alle durch einen Lichtstrahl gelegten Ebenen das gleiche Verhalten darbieten. Das muß aber bei einer longitudinalen Wellenbewegung der Fall sein. Das Licht kann demnach nicht aus Longitudinal-, sondern nur aus Transversalwellen bestehen. Die Schwingungen erfolgen nicht in der Richtung des Strahles, wie beim Schall, sondern senkrecht dazu.

Die Entdeckung der Polarisation des Lichtes gab der Analogie zwischen Licht und Schall einen starken Stoß. Insbesondere verlor die Analogie in Bezug auf die fortpflanzenden

Medien sehr an Strenge. Das Medium des Schalles war in erster Linie die Luft. Transversale Elastizitätswellen setzten aber als fortpflanzende Medien Körper mit Formelastizität voraus, d. h. feste Körper. Harter Stahl mit seiner bedeutenden Formelastizität pflanzt Transversalwellen mit großer Geschwindigkeit fort. Nun kann sich allerdings auch der Schall als Transversalwelle in festen Körpern fortpflanzen. Aber die durch die enorme Lichtgeschwindigkeit bedingten Annahmen machten die Analogie bedenklich. Der Äther mußte Formelastizität und zwar ungemein hohe haben, sich wie ein überaus fester Körper verhalten. Dabei sollte aber derselbe Äther die ponderablen Körper viel leichter durchlassen und selbst durch die intramolekularen Zwischenräume weit bequemer dringen, als das feinste Gas. Durch die Vereinigung von in der Erfahrung so unvereinbaren Eigenschaften erhielt die Ätherhypothese etwas Paradoxes, daß man durch schwache Analogien wohl zu verringern suchte. So wies man hin auf das Verhalten von gelatinösen Substanzen; diese lassen feste größere Körper von genügender Geschwindigkeit durch ihre Masse hindurchdringen. Kleinen, etwa schwingenden Bewegungen gegenüber erweisen sie aber ihre Formelastizität und pflanzen sie unter Umständen als Transversalwellen fort. Doch erläutert die Analogie wenig. Solche Substanzen stehen eben zwischen festen und flüssigen Körpern, und es ist selbstverständlich, daß ihre Eigenschaften nach beiden Seiten hin vermitteln, daß sie sich in dieser Beziehung eher als flüssig, in jener eher als fest erweisen. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Äther der elastischen Lichttheorie. Er müßte sich in einer Hinsicht als unendlich feines Gas, in anderer Hinsicht als ungemein fester Körper verhalten, die extremsten Eigenschaften verbinden, nicht aber Übergangsformen dieser Eigenschaften.

Die elektromagnetische Lichttheorie beseitigte die Schwierigkeit. Die Schwingungen im Äther, oder sagen wir die periodischen Vorgänge in ihm sollen nach der neuen Auffassung elektromagnetischer Natur sein. Damit fallen die Anforderungen, die vom Standpunkt der elastischen Lichttheorie an den Äther zu stellen waren. Aber es verliert auch die Analogie mit den akustischen Erscheinungen, und damit der Schluß auf die

Notwendigkeit eines vermittelnden Mediums sehr an Bedeutung. Die Schallphänomene zeigen, daß elastische Schwingungen zur Übertragung und Fortpflanzung einen Stoff erfordern. Der Schluß, daß daher auch elektromagnetische Oszillationen eines fortpflanzenden Mediums bedürfen, wird uns nicht zwingend erscheinen. Lassen sich die elektrisch-magnetischen Fernwirkungen in der Tat als echt auffassen, so gilt dies auch von dem speziellen Falle der elektromagnetischen Oszillationen und ihren Fernwirkungen, vom Lichte usw. Daran kann die Analogie mit den elastischen Schwingungen des Schalles kaum etwas ändern.

Wenn auf der einen Seite die neuen Auffassungen über Licht und Elektrizität der Annahme der Fernwirkungen eine Erschütterung beigebracht haben durch den Nachweis der zeitlichen Fortpflanzung elektrisch-magnetischer Wirkungen, so haben sie andererseits auch der Ätherhypothese einen argen Stoß erteilt. Denn sie haben die nahe Analogie zwischen Licht und Schall, die natürlichste Grundlage der Ätherannahme, zerstört. Diese Analogie schien dem Verfasser die Ätherhypothese aber weit kräftiger zu stützen, als es der Nachweis jener zeitlichen Ausbreitung vermag. Denn die letztere ist nach der erörterten Auffassung durchaus kein Beweis einer materiellen Vermittlung der Fernwirkungen.

Der Vollständigkeit zu Liebe mögen noch die Versuche erwähnt werden, den Äther im periodischen System unterzubringen, bezw. aus diesem System ihn zu erschließen und Aufklärungen über seine Eigenschaften zu gewinnen. Leider sind diese bisher wenig entwickelt worden, auch in hohem Grade hypothetisch. Sie bleiben aber sehr interessant.

Abschließend glauben wir sagen zu müssen, daß heute die Ätherhypothese nur als eine Möglichkeit erscheint, der keine allzu hohe Wahrscheinlichkeit zukommt. Daneben scheint uns die Möglichkeit von zeitlich sich fortpflanzenden Fernkräften, ohne die Annahme eines vermittelnden Äthers, durchaus beachtenswert.

Mit dieser Nebeneinanderstellung von Möglichkeiten wollen wir schließen, eingedenk unserer Maxime, dort, wo Wahrheit unerreichbar ist, Wahrscheinlichkeit zu erstreben, wo diese aber

nicht einmal gewonnen werden kann, geistige Befriedigung in der Betrachtung der Möglichkeiten zu suchen. Über die auf diesen Seiten dargestellten Hypothesen mag die Naturwissenschaft der Zukunft entscheiden; der Gegenwart aber soll das umstrittene Recht erhalten bleiben, über die engen Grenzen der Wahrheit hinaus Betätigung und Befriedigung geistiger Kräfte und Triebe im weiten Lande der Wahrscheinlichkeiten, ja der Möglichkeiten zu suchen.



Namen-Register.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Abraham 197, 222, 223. | Goldstein 199. | Neumann 167. |
| Ampère 221. | Goup 178. | Newton 2, 4, 34, 160, 164, |
| Aristoteles 37. | Hartmann, E. v. 85. | 165, 228, 240. |
| Arrhenius 220. | Hegel 60. | Nichols 172. |
| Aschkinaß 171. | Helm 7. | Nicolaus v. Cusa 60. |
| Becher, S. 97. | Helmholtz V, 3, 167, 169, | Oberbeck 162. |
| Berkeley 84, 115. | 170, 194, 199, 237. | Ostwald 7, 31, 32, 138, |
| Berzelius 192. | Hertz, H. 12, 149, 170, | 145, 147. |
| Black 3, 132, 133. | 171, 172, 187, 206, 217. | Perrin 195. |
| Boltzmann V, 151, 181. | Heymans 15, 32. | Plateau 161. |
| Bose 172. | Hobbes 2. | Poincaré 170. |
| Boyle 2, 215, 216. | Holtzmann 167. | Polis 193. |
| Briot 167. | Hume 40, 41, 99, 113. | Prout 153, 192. |
| Brown 178, 214. | Huyghens 2, 145, 146, | Rayleigh 178, 179. |
| Bucherer 169. | 240. | Redtenbacher 167. |
| Cartesius s. Descartes. | Kant 41, 65, 107, 109, 113. | Reinold 161. |
| Cartesianer 2. | Karneades 20. | Riecke 169, 176. |
| Cauchy 166, 167, 168, 169. | Kaufmann, W. V, 169, 196, | Righi 171, 210. |
| Cavendish 164. | 197, 223. | Rubens 171, 172. |
| Clausius 220. | Kayser, H. V, 169, 204. | Rücker 161. |
| Comte 5, 26, 28—34, 145. | Ketteler 167, 169. | Runge 204. |
| Coriolis 166. | Lampa 171. | Savart 137. |
| Crookes 194. | Laplace 6. | Schmidt, G. C. 169. |
| Curie 201. | Lebedew 171. | Schopenhauer 5, 85. |
| Dalton 190, 191. | Lecher 171, 172. | Sellmeier 167. |
| Demokrit 150. | Leibniz 2, 23, 154, 182. | Siedentopf 178. |
| Descartes 1, 2, 42, 85, 151. | Lenz 198. | Snyder 210. |
| Des Coudres 195. | Le Sage 230. | Spinoza 2. |
| Dessau 210. | Leukipp 150. | Stallo V, 4, 7, 28, 153, |
| Dewars 201. | Locke 42, 52, 122. | 167, 168, 214. |
| Drude 170. | Lorentz, H. A. 151, 169, | Stas 192. |
| Du Bois 172. | 170. | Stevin 1. |
| Elster 220. | Loschmidt 178. | Stoney 4, 198. |
| Erdmann, B. V, 23, 39, | Mach 6, 12, 37, 53, 55, | Thomson, J. J. 153, 205, |
| 97, 100. | 91—94, 138, 156. | 205. |
| Faraday 3, 194, 195, 199. | Mariotte 215, 216. | Thomson, W. 161, 162, |
| Fechner 143. | Maskelyne 164. | 164—168, 178, 179, |
| Fermat 1. | Maxwell 169, 170, 171, | 181. |
| Fichte 115. | 174, 178, 206. | Töpler 148. |
| Franklin 218. | Mayer, R. 7. | Tyndall 178. |
| Freytag V. | Mayer 203. | Van der Waals 180, 187. |
| Galilei 1, 42. | Mendeleeff 193. | Weber 4, 193. |
| Garbasso 172. | Meyer, L. 153, 193. | Wheatstone 179. |
| Gay-Lussac 2, 216. | Mie 160, 163, 169, 179, 184. | Wiechert 195. |
| Geitel 220. | Mill 28, 32—34, 61, 80, | Zeeman 169, 170, 198, 199, |
| Giordano Bruno 60. | 97, 99, | 217. |
| Goethe 4, 5. | Nernst 151. | Zsigmondy 178. |

RETURN TO → CIRCULATION DEPARTMENT
202 Main Library

LOAN PERIOD 1	2	3
HOME USE		
4	5	6

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS

RENEWALS AND RECHARGES MAY BE MADE 4 DAYS PRIOR TO DUE DATE.
 LOAN PERIODS ARE 1-MONTH, 3-MONTHS, AND 1-YEAR.
 RENEWALS: CALL (415) 642-3405

DUE AS STAMPED BELOW

MAR 13 1990		
AUTO DISC MAR 24 '90		
AUG 30 1990		
AUTO DISC AUG 28 '90		

Philosophische Voraus-
setzungen der exakten
Naturwissenschaften

ec 20'12

Adams

11 1912

U.C. BERKELEY LIBRARIE



C022669433

Q175
B9

182677

Becher

25m-6,'12

